

Chem
507a

Brief



BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

LEHRBUCH

der

STÖCHIOMETRIE.



Ein Leitfaden

zur Kenntniss und Anwendung der Lehre von
den bestimmten chemischen Proportionen.

Von

Dr. Heinrich Buff,

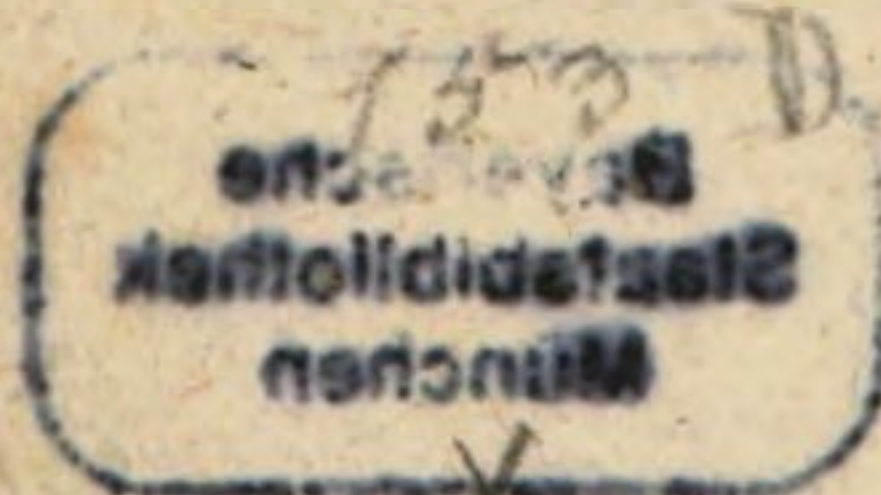
ordentl. Professor der Physik an der Universität zu Gießen.

Zweite Auflage.

Nürnberg,

bei Johann Leonhard Schrag.

1842.



VERBODEN

der

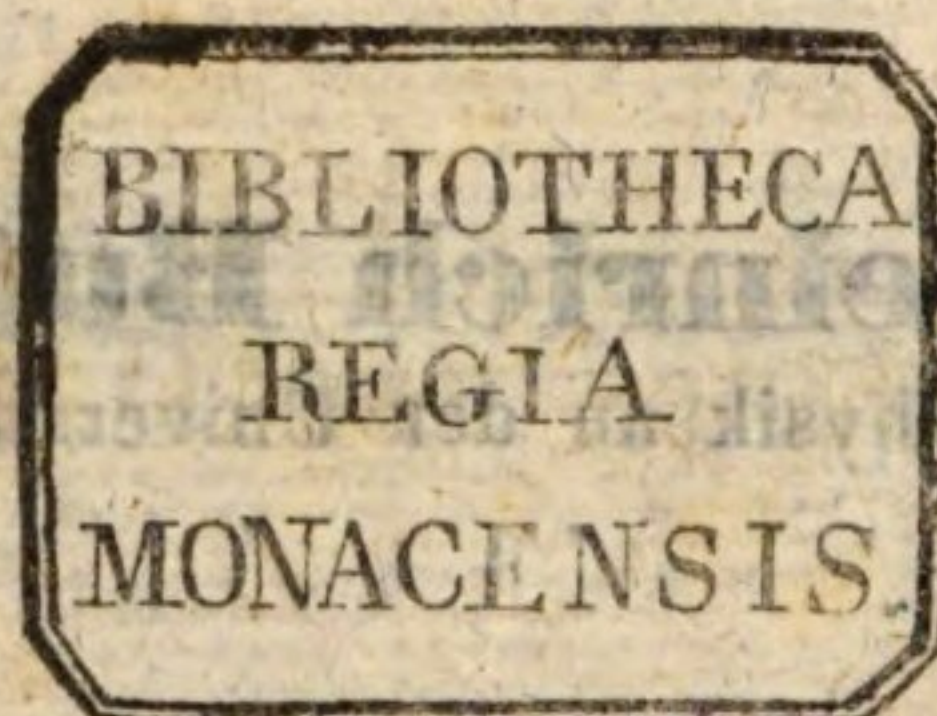
STÖCHHOFF

1842

Ein Heftchen

zur Kenntniss und Anwendung der Lehre von
den bestimmten chemischen Proportionen.

Von



Zweite Auflage.

campescher Druck.

München.

bei Johann Leonhard Schrag.

1842.



Dem
Herrn Gay-Lussac,

Pair von Frankreich, Mitglied des Instituts, u. s. w. u. s. w.,

als Beweis
seiner Hochachtung und Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Dem

Herrn Gay-Lussac.

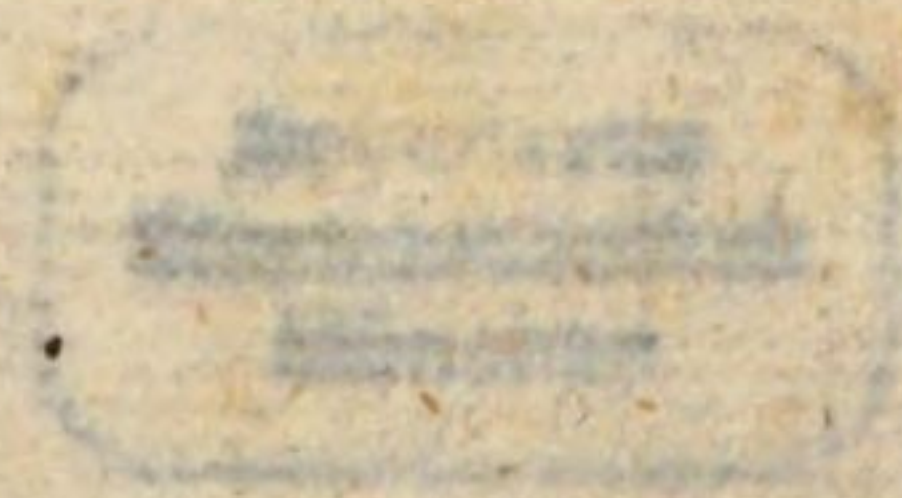
Paris, den 1. März 1845.

als Beweis

seiner Hochachtung und Dankbarkeit

geheimlich

vom Verfasser.



Vorrede zur ersten Auflage.

Das Bedürfnis eines Leitfadens in meinen Vorlesungen über Stöchiometrie hatte mich zunächst zur Bearbeitung des vorliegenden Werkchens bewogen. An eine Herausgabe desselben dachte ich jedoch nicht im entferntesten. Erst nach wiederholten Aufforderungen meiner Freunde und besonders aufgemuntert durch den Rath des Herrn Professors Liebig wagte ich, es dem Drucke zu übergeben; ohne übrigens zu verkennen, daß ihm noch vieles fehlt, um seinen Zweck ganz zu erreichen, allein in der Hoffnung, daß man an einer Arbeit, in deren Behandlungsweise ich keine Vorgänger habe, Unvollkommenheiten, wenn auch nicht übersehen, aber doch nachsichtiger beurtheilen werde.

Rücksichtlich der Art, in welcher der Gegenstand bearbeitet, glaube ich bemerken

zu müssen, daß ich keineswegs beabsichtigte, neue wissenschaftliche Systeme aufzustellen oder schon vorhandene zu vertheidigen, sondern daß mir einzig und allein der Zweck vor Augen stand, Thatsachen zu sammeln und in eine solche Verbindung zu bringen, daß es dem angehenden Chemiker möglich sey, von den mathematisch-chemischen Gesetzen und von ihrer wichtigen Anwendung in der praktischen Chemie eine klare Ansicht zu gewinnen.

Sollte es mir gelungen seyn, diese Absicht einigermaßen zu erreichen; sollten diese Blätter dazu beitragen können, das Studium einer Lehre zu befördern, die, wenn schon sie mit allen natürlichen Gesetzen im schönsten Zusammenhange steht und den eigentlich wissenschaftlichen Theil der Chemie ausmacht, gleichwohl so oft übersehen oder verkannt wird, so bleibt mir zu wünschen nichts übrig.

Der Verfasser.

Vorrede zur zweiten Auflage.

Das Bedürfniss einer zweiten Auflage dieses Werkchens glaube ich als einen Beweis betrachten zu dürfen, dass die von mir gewählte Behandlungsweise des Gegenstandes einigen Beifall gefunden hat. Der frühere Plan ist daher in der neuen Ausgabe im Allgemeinen beibehalten worden. Jedoch haben die auffallend grossen Fortschritte der Chemie in dem letzten Jahrzehend bedeutende Veränderungen im Detail und zahlreiche Zusätze nöthig gemacht. Insbesondere habe ich für nöthig gehalten, die sogenannte Theorie der Wasserstoffsäuren, oder richtiger die Theorie der electropositiven und electronegativen Radikale ganz ausführlich zu erörtern, weil durch die Grundlage dieser Theorie, welchen Werth man auch sonst derselben beilegen mag, das Studium der chemischen Proportionslehre ungemein vereinfacht und

die Anwendung derselben bei chemischen Berechnungen erleichtert wird.

Bei den Tabellen ist, um das Aufsuchen zu erleichtern, im Allgemeinen die alphabetische Ordnung eingeführt worden; in der Art jedoch, daß eine erste Tabelle nur die einfachen Stoffe mit ihren Atomgewichten, das Atom des Sauerstoffs = 100, so wie das Aequivalent des Wasserstoffs = 1, enthält. In einer zweiten Tabelle finden sich die wichtigsten Salzbasen mit ihren Atomgewichten und denen ihrer electropositiven Radikale; in einer dritten die Säuren mit ihren electronegativen Radikalen. In einer vierten Tabelle endlich sind alle, theils für das Studium der Theorie, theils für die praktische Anwendung wichtigen Verbindungen mit ihren Formeln und stöchiometrischen Werthen (den Sauerstoff = 100) zusammengestellt.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung	1
Begriff der Stöchiometrie	16
Historische Darstellung der stöchiometrischen Lehren	16
Ueberblick der Grundgesetze der Stöchiometrie	38
Die atomistische Theorie	64
Das electrolytische Gesetz	70
Beziehungen des Volums und des specifischen Gewichtes der Körper im Gaszustande zu ihren Verbindungsver- hältnissen	75
Wärmecapacität der Atome	80
Volum des Atoms	84
Das Zusammensetzungsverhältniß chemischer Verbindun- gen, abhängig von ihrer Krystallform. Isomorphie ...	87
Bestimmung der chemischen Verhältnisszahlen oder der Atomgewichte der Körper	90
Von den chemischen Zeichen und Formeln	124
Anwendungen der Stöchiometrie	135
Anwendungen bei der Analyse unorganischer Körper	147
Anwendungen der Stöchiometrie bei organisch-analytischen Untersuchungen	163
Anwendung der bestimmten chemischen Verbindungsver- hältnisse zur Berechnung des specifischen Gewichtes der Gase	173

Anwendung der specifischen Gewichte gasförmiger Verbindungen, als Controlle ihrer durch die chemische Analyse gefundenen Zusammensetzung	179
Tabelle über die specifischen Gewichte der wichtigsten Gase und Dämpfe	183
Tabelle der chemischen Verhältniszahlen der einfachen Stoffe	186
Tabelle der chemischen Verhältniszahlen der wichtigsten Salzbasen	190
Tabelle der chemischen Verhältniszahlen der Wasserstoffsäuren und ihrer Radikale	193
Tabelle der chemischen Verhältniszahlen der wichtigsten zusammengesetzten Körper	196
Tabelle der chemischen Verhältniszahlen des Kohlenstoffs, Stickstoffs und Wasserstoffs	212



Einleitung.

1. Die ganze der menschlichen Forschung zugängliche Körperwelt besteht aus einer nicht sehr grossen Anzahl bis jetzt unzerlegter Stoffe, die man als einfach betrachtet, und welche durch ein wunderbares Zusammenwirken verschiedener Kräfte, in zahllosen Verhältnissen theils chemisch gebunden, theils mechanisch zusammengehäuft, das Ganze bilden, welches wir Erde nennen.

2. Solcher einfachen Stoffe kennen wir bis jetzt folgende 55 :

Sauerstoff,	Vanadin,
Schwefel,	Wolfram,
Selen,	Antimon,
Tellur,	Tantal,
Stickstoff,	Titan,
Chlor,	Osmium,
Brom,	Gold,
Iod,	Iridium,
Fluor,	Rhodium,
Phosphor,	Platin,
Arsenik,	Palladium,
Kohlenstoff,	Quecksilber,
Bor,	Silber,
Kiesel,	Kupfer,
Chrom,	Uran,
Molybdän,	Wismuth,

Wasserstoff,

Zinn,

Blei,

Cerium,

Lanthan,

Yttrium,

Kobalt,

Nickel,

Eisen,

Kadmium,

Zink,

Mangan,

Zirkonium,

Aluminium,

Thorium,

Beryllium,

Magnesium,

Calcium,

Strontium,

Baryum,

Lithium,

Natrium,

Kalium.

3. So höchst mannigfaltig nun auch die Verhältnisse sind, in welchen diese Stoffe auf chemischem Wege zusammenzutreten vermögen, so können doch alle hieraus entspringenden Verbindungen unter zwei Hauptabtheilungen gebracht werden. Diese sind:

a) chemische Gemenge,

b) feste chemische Verbindungen.

4. Unter chemischen Gemengen sind solche Verbindungen zu verstehen, deren Verhältniß unbestimmt und meistens von zufälligen Umständen, z. B. von der Temperatur *) abhängig ist, wiewohl sich zu gleicher Zeit der Einfluss chemischer Kräfte nicht verkennen läßt. Dahin gehören

α) Lösungen auf nassem Wege, d. h. Verbindungen flüssiger Körper mit festen oder auch mit flüssigen und gasförmigen, wodurch letztere in ersteren zwar gleichförmig, aber je nach der Verschiedenheit

*) Eine mit Salpeter gesättigte Auflösung wird davon von neuem aufnehmen können, wenn man die Temperatur erhöht. Das Verbindungsvermögen zwischen Salpeter und Wasser hängt also zum Theil von der Temperatur ab.

der vorhandenen Mengen, oder der Temperatur, oder auch anderer Zufälligkeiten, in unbestimmten Verhältnissen vertheilt werden, ohne sich übrigens in ihrer inneren, chemischen Beschaffenheit wesentlich zu verändern, z. B. die Lösungen der Salze im Wasser; des Aethers in Weingeist; der Kohlensäure, des Schwefelwasserstoffs in Wasser.

β) Zusammenschmelzungen, welche man auch Lösungen auf trockenem Wege nennen könnte, da sie von den Lösungen auf nassem Wege nur darin verschieden sind, daß der flüssige Zustand des Lösungsmittels erst durch erhöhte Temperatur hervorgebracht werden muß. Die meisten Metallegirungen und Glasarten gehören hierher.

5. Obgleich diese chemischen Gemenge in veränderlichen Verhältnissen vorkommen und daher von festen chemischen Verbindungen wohl zu unterscheiden sind, so dürfen sie doch auch auf der andern Seite nicht mit mechanischen Gemengen verwechselt werden, denn ein jeder Körper, welchen man unter jener Klasse begreift, ist in seinen kleinsten Theilchen auf gleiche Weise zusammengesetzt, und kann nur auf chemischem Wege zerlegt werden. Auch lehrt die Erfahrung, daß chemische Gemenge der Substanzen nicht wie die mechanischen unter allen Umständen statt finden; vielmehr scheint zwischen den Bestandtheilen eines chemischen Gemenges eine gewisse, wiewohl schwache Verwandtschaft vorwalten zu müssen, welche in vielen Fällen ihre Grenzen hat, und ohne welche keine Verbindung möglich ist.

6. Feste chemische Verbindungen sind nur diejenigen, welche, unter was für Umständen sie auch erzeugt worden sind, immer in bestimmten und unveränderlichen Verhältnissen vorkommen. Sie entstehen allemal, wenn Stoffe mit kräftiger Verwandtschaft

auf einander einwirken. Durch äussere Einflüsse kann diese Einwirkung zwar befördert, oder auch verhindert, aber niemals das Verbindungsverhältniss ein unbestimmtes werden *). Diese Abtheilung von Körpern sind in ihrem festen Zustande gewöhnlich durch gewisse regelmässige Gestalten (Krystallformen) charakterisirt.

7. Der bestimmte Charakter eigentlich chemischer Zusammensetzung wird nicht blofs bei den Verbindungen einfacher Stoffe unter einander wahrgenommen, sondern auch zusammengesetzte Körper können die Eigenschaft besitzen, sich in unveränderlichen Verhältnissen zu vereinigen. Da hierdurch die Zahl der chemischen Verbindungen einer unendlichen Vermehrung fähig wird, so würde das Studium derselben sehr erschwert, wo nicht ganz unmöglich werden, wenn man nicht daran gedacht hätte, durch eine gewisse Klassifikation der zusammengesetzten Körper sowohl, wie ihrer einfachen Bestandtheile, das Gedächtniss zu unterstützen. Diesem Zwecke zu genügen, hat man sich auf verschiedene Weise bemüht,

*) Wenn man Kreide in flüssige Salzsäure wirft, so wird sie nach und nach gänzlich verschwinden; allein nicht ohne zugleich ihre ganze Beschaffenheit zu ändern. Denn aus der abgedampften Flüssigkeit erhält man keine Kreide mehr, sondern salzsauren Kalk. Die Kreide hat sich also nicht in der Salzsäure gelöst, sondern ihr Kalk bildete mit derselben eine feste chemische Verbindung. Daher wird sie auch nur so lange in der Flüssigkeit verschwinden, als freie Salzsäure vorhanden ist. Der salzsaure Kalk dagegen wird vom Wasser in einer um so gröfseren Quantität aufgenommen, je mehr man die Temperatur erhöht, ohne übrigens irgend eine seiner charakteristischen Eigenschaften zu verlieren, und wenn man die Flüssigkeit abdampft, erhält man ihn unverändert wieder. Der salzsaure Kalk war also im Wasser gelöst.

sie bald nach äusseren, bald nach inneren Beschaffenheiten einzutheilen.

8. Viele unter den einfachen Stoffen, nämlich alle diejenigen, welche man Metalle nennt, charakterisiren sich durch eine eigenthümliche äussere Beschaffenheit. Man hat daher die einfachen Stoffe in metallische und nichtmetallische (Metalloide) eingetheilt. Zwischen diesen beiden Klassen ist jedoch keine scharfe Gränze bemerkbar. Vielmehr gehen die Metalle, wie uns die äussere Beschaffenheit des Arséniks, Tellurs, Selens, des Iods und selbst der Kohle zeigt, so allmählig zu den Metalloiden über, dass man bei manchen Körpern in Ungewissheit bleibt, zu welcher Klasse man sie am füglichsten zählen soll.

Zu den Metalloiden werden Körper von den allerverschiedensten Eigenschaften gerechnet; man hat sie daher wieder in folgende Unterordnungen zu bringen gesucht:

a) in beständig gasförmige: Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff;

b) in eigentliche Metalloide: Chlor, Brom, Jod, Fluor, Schwefel, Selen, Phosphor, Kohle, Bor, Kiesel.

9. Diese Eintheilung, welche sich nur auf das Aeussere der Stoffe gründet, und selbst in der Beziehung nicht streng richtig, bei den Metalloiden aber nicht einmal natürlich ist, hat rücksichtlich des chemischen Verhaltens der Körper nur geringen Werth. Denn manche Stoffe, welche in ihrem Aeusseren den Metallen vollkommen gleichen und deshalb unter dieselben gereiht sind, stimmen in ihren chemischen Eigenschaften mit gewissen Metalloiden in dem Grade überein, dass man sie schicklicher Weise von diesen nicht trennen darf.

10. Da der Sauerstoff unter allen einfachen Körpern die mächtigsten Verwandtschaften äußert, und mit allen Verbindungen eingehen kann, und da im Augenblicke der Vereinigung eines Körpers mit Sauerstoff in sehr vielen Fällen Wärme und Licht entwickelt, d. h. diejenige Erscheinung hervorgebracht wird, welche man Verbrennung nennt, so haben manche Naturforscher in dieser chemischen Beziehung die einfachen Stoffe in Sauerstoff und brennbare Stoffe getheilt. Die Ordnung, in welcher letztere auf einander folgen, richtet sich nach ihrer Kraft den Sauerstoff anzuziehen.

Diese Klassifikation konnte jedoch nicht beibehalten werden, indem sie in der That leicht zu unrichtigen Begriffen führt, und den Sauerstoff auf eine Weise von den übrigen einfachen Körpern trennt, welche in der Natur nicht begründet liegt. Denn auch noch andere Stoffe, wiewohl sie nicht mit gleich mächtigen Verwandtschaftskräften begabt sind, verhalten sich doch auf ähnliche Art wie der Sauerstoff zu den übrigen Körpern und bringen bei ihren Verbindungen mit letzteren nicht selten das nämliche Verbrennungsphänomen (Wärme und Licht) hervor. Man hat daher vorgeschlagen, die einfachen Körper in brennbare und verbrennende einzutheilen, um dadurch die Analogie zwischen Sauerstoff, Schwefel, Chlor, Brom, Iod und einigen andern Körpern hervorzuheben. Allein auch diese Eintheilung ist mangelhaft, denn man weiß nunmehr, daß die Eigenschaft, Verbrennung (Wärme und Licht) zu erzeugen, welche man derselben zu Grunde legte, keineswegs eine Eigenthümlichkeit gewisser Substanzen ist, sondern daß alle Körper bei ihrer Vereinigung, Wärme, in sehr vielen Fällen aber auch Licht erzeugen.

11. Eine andere Klassifikation beruht auf dem electrischen Verhalten der Körper. Man hat die Bemerkung gemacht, daß irgend zwei verschiedenartige Körper, welche man mit einander in Berührung bringt, einen entgegengesetzt electrischen Zustand annehmen; in der Art, daß auf der einen Seite der Berührungsfläche $+E$, auf der andern Seite $-E$ ausgeschieden wird.

Die eigentliche Ursache dieses Verhaltens kennen wir nicht; um sie jedoch bezeichnen zu können, hat man sie electromotorische Kraft genannt und glaubt, aus sogleich anzugebenden Gründen, daß dieselbe mit dem Vereinigungsbegehren der Körper in naher Beziehung stehe.

12. Die durch die electromotorische Kraft entwickelten Electricitäten können nicht zu einander übergehen, mögen auch die im Contact befindlichen Körper noch so gute Leiter seyn und in der innigsten Berührung stehen. Wohl aber wirken sie electrisch bindend auf einander. So lange daher beide Körper in Berührung bleiben, läßt sich von den überhaupt ausgeschiedenen Electricitätsmengen ein verhältnißmäßig nur geringer Antheil als wirklich freie Electricität beobachten.

Die von dieser freien Electricität abhängige electrische Dichtigkeit oder Spannung ist nicht unter allen Umständen gleich, d. h. sie äußert nicht immer einerlei Wirkung auf das Electrometer. Diese Wirkung ist vielmehr äußerst gering bei solchen Körpern, welche in ihren chemischen Beziehungen einander sehr ähnlich sind, wie bei der Berührung von Zink und Zinn; sie nimmt aber sehr bemerkbar zu, wenn die in Berührung gebrachten Körper hinsichtlich ihres chemischen Verhaltens weiter von einander abstehen, wie Zink und Kohle; sie wird endlich durch

jeden Umstand, welcher das Vereinigungsbestreben zweier Körper vermindern oder erhöhen kann, z. B. durch Aenderung der Temperatur, ebenfalls verringert oder gesteigert.

Mit Rücksicht auf die Qualität der Electricität, welche die einfachen Stoffe beim Kontakte annehmen; bilden sie eine Reihe, an deren Spitze man sich genöthigt gesehen hat, das Kalium zu setzen, und welche mit dem Sauerstoff schließt. Irgend ein Körper dieser Reihe wird positiv electrisch, wenn er über dem andern, d. h. dem Kalium näher steht, der andere wird negativ electrisch. Das Kalium also nimmt allen übrigen Körpern gegenüber $+E$, der Sauerstoff allen übrigen gegenüber $-E$ an, und der stärkste electrische Gegensatz muß erhalten werden durch den Contact des Kaliums mit Sauerstoff, nämlich durch diejenigen Körper, welche sich durch die stärkste gegenseitige Verwandtschaft auszeichnen.

Der Gegensatz des electrischen Verhaltens oder die electrische Polarität zweier Stoffe hört auf bemerkbar zu seyn, sobald beide sich chemisch verbunden haben.

Ist eine solche Verbindung flüssig oder durch irgend eines der gewöhnlichen Auflösungsmittel in flüssigen Zustand versetzt und werden die Endpunkte oder Pole einer sogenannten galvanisch-electrischen Kette in dieselbe eingetaucht, so zeigt sich eine andere sehr bemerkenswerthe Erscheinung: Man bemerkt nämlich, daß bei genügender Stärke der electrisch wirkenden Kraft, die Bestandtheile der flüssigen Verbindung sich wieder trennen; und zwar wird derjenige, welcher bei der Berührung $-E$ angenommen hatte, z. B. der Sauerstoff des Wassers, von dem positiven Pole, derjenige, welcher bei der Berührung $+E$ angenommen hatte, z. B. der Wasser-

stoff des Wassers, von dem negativen Pole der Kette angezogen und, in so fern er mit der Materie dieses Pols keine chemische Verbindung eingehen kann, in Substanz abgeschieden.

Man muß hieraus schliessen, daß derselbe entgegengesetzt electrische Zustand oder dieselbe electrische Polarität, welche zwei Körper im Augenblicke des Kontakts annehmen, so innig auch ihre Berührung seyn mag, selbst dann noch fort dauert, wenn beide zu einer chemischen Verbindung zusammengetreten sind.

Daß man in dem Gemische unter gewöhnlichen Umständen keine freie Electricität mehr wahrnehmen kann, erklärt sich leicht dadurch, weil sich nirgends mehr wie im Augenblicke des Kontakts eine bestimmte Gränzfläche vorfindet, auf deren einen Seite nur Theile des einen, und auf deren anderen Seite nur Theile des anderen Elementes der Verbindung vorhanden sind.

13. Man hat den chemischen Zusammenhang ungleichartiger Körpertheile mit der electrischen Polarität dieser letzteren in Verbindung zu bringen gesucht. Man wurde zu dieser Vorstellung durch die bekannte Thatsache geleitet, daß die entgegengesetzten Electricitäten einander anziehen und binden, und daß diese Wirkung sich auch auf diejenigen materiellen Theile erstreckt, über welche die Electricitäten verbreitet sind, ohne davon abgeleitet werden zu können. Mehrere Naturforscher sind selbst so weit gegangen, die chemische Verwandtschaft mit allen ihren Abänderungen von der electrischen Polarität der kleinsten Theile abzuleiten und somit die Electricität als die erste Ursache aller chemischen Thätigkeit zu betrachten.

Wenn diese Ansicht bei einer streng physicali-

schen Prüfung der Frage vielleicht nicht genügend gerechtfertigt werden kann, so ist doch durch zahlreiche Erfahrungen ausgemacht, daß Electricität und chemische Affinität Naturthätigkeiten sind, welche in gewissen Fällen ähnliche und selbst gleiche Wirkungen hervorzubringen vermögen, welche einander hervorrufen, verstärken oder schwächen und ins Gleichgewicht setzen können.

Ohne also so weit zu gehen, beide Kräfte geradezu für identisch zu halten, läßt sich doch mit Bestimmtheit voraussetzen, daß zwischen den chemischen Affinitäten der Körper ein ähnlicher Gegensatz oder ein polares Verhalten statt findet, wie zwischen den beiden Electricitäten, und daß der Grad der Affinitäts-Polarität, der sich wohl mitunter qualitativ abschätzen läßt, für welchen wir aber kein quantitatives Maß besitzen, mit der Stärke der gleichzeitig auftretenden electrischen Spannung, die in vielen Fällen quantitativ bestimmbar ist, gleichen Schritt hält.

Eine richtige Klassifikation der Körper nach ihren electrischen Beziehungen muß also zugleich das natürlichste chemische System bilden.

Man hat sich in der That bemüht, die einfachen Stoffe nach einem solchen Systeme zu ordnen und hat dasselbe das electro-chemische System, so wie die Grundsätze, worauf es sich stützt, die electro-chemische Theorie genannt.

Wir sind indessen noch weit entfernt, jedem einfachen Körper seinen Rang in der electrischen Reihe mit Bestimmtheit anweisen zu können. Nur so viel ist gewiß, daß Sauerstoff und Kalium die Endpunkte bilden, daß die mehrsten Metalloide, namentlich Schwefel, Stickstoff, Chlor, dem negativen Ende, daß dagegen die leicht oxydirbaren Metalle dem positiven

Ende nahe stehen und dafs Wasserstoff seinen Rang jedenfalls zwischen den sogenannten edlen Metallen und dem Kalium behauptet.

14. Aus dem Begriffe einer Polarität oder eines Gegensatzes der Affinität entspringt nothwendig die Vorstellung, dafs zwischen den einfachen Körpern wenigstens zunächst nur binäre Verbindungen möglich sind. Dieser Vorstellung widerspricht jedoch nicht die Möglichkeit des Vorkommens von drei und selbst mehr Elementen in zusammengesetzten Körpern, insofern sich dieselben als binäre Verbindungen zusammengesetzterer Art oder höherer Ordnung betrachten lassen. Z. B. Schwefelsäure, Kali, Thonerde, Wasser sind binäre Verbindungen des Schwefels, Kaliums, Aluminiums und Wasserstoffs mit Sauerstoff. Es sind binäre Verbindungen der ersten Ordnung. Schwefelsaures Kali und schwefelsaure Thonerde sind binäre Verbindungen der zweiten Ordnung. Beide Salze zu einem Doppelsalze vereinigt bilden eine binäre Verbindung der dritten Ordnung. Dieses Doppelsalz mit einer bestimmten Menge Wasser verbunden, als Alaun, liefert uns das Beispiel einer binären Verbindung vierter Ordnung, ungeachtet sich darin fünf verschiedene Elemente nachweisen lassen.

Alle zusammengesetzten Körper aus dem Gebiete der unorganischen Natur sind nachweisbar binäre Verbindungen, entweder einfacherer oder zusammengesetzterer Art. Von sehr vielen wohluntersuchten Erzeugnissen organischer Processe läfst sich dasselbe mit Bestimmtheit behaupten; viele andere lassen sich freilich nur hypothetisch als binäre Verbindungen betrachten, indessen hat die Vorstellung, dafs sie ursprünglich ternäre oder quaternäre Verbindungen seyen, wenigstens keine überwiegenden Gründe für sich.

15. Denjenigen Bestandtheil einer binären Verbindung, welcher in der electrischen Reihe dem Kalium näher steht, nennt man das electropositive Element, den andern das electronegative Element dieser Verbindung. Ein Körper kann in einer gewissen Verbindung als electropositives Element auftreten, während derselbe in einer andern Verbindung die Rolle des electronegativen Elementes übernimmt. Z. B. im schwefeligsauern Gase ist der Schwefel der positiv-electrische, im Schwefelkalium aber der negativ-electrische Bestandtheil.

Die Ausdrücke electropositive und electronegative Körper werden aber auch sehr häufig in einem engeren Sinne genommen, indem man solche Stoffe, die in ihrem Verhalten dem Kalium näher stehen, positiv electrische, solche, deren Eigenschaften mehr mit denen des Sauerstoffs übereinstimmen, negativ electrische nennt. Insofern kann man also sagen: Schwefel, Chlor, Phosphor sind electronegative, Silber, Kupfer, Zink aber electropositive Körper; und überhaupt: die einfachen Körper zerfallen in zwei Klassen, in electropositive und in electronegative.

16. Die zusammengesetzten Körper, wie die Sauerstoff- oder Schwefel- oder Chlor-Verbindungen, zeigen, wenn man sie im festen Zustande unter einander oder mit den einfachen Körpern vergleicht, ähnliche electrische Beziehungen, wie die letzteren, und bilden daher ähnliche electrische Reihen. Die an den Enden einer solchen Reihe, z. B. in derjenigen der Oxyde, aufgestellten Körper zeigen eine bestimmt ausgeprägte positiv- oder negativ-electrische Beschaffenheit; dagegen in der Mitte stößt man auf Körper, deren electrisches Verhalten unter einander weniger sicher ausgemittelt ist und ausgemittelt werden

kann. Solche Körper zeigen dann auch immer die am wenigsten hervorstechenden Verwandtschaften.

17. Diejenigen Verbindungen der einfachen Elemente, Oxyde, Sulfüre, Chlorüre u. s. f., welche sich durch negativ-electrische Eigenschaften charakterisieren und zugleich fähig sind Verbindungen einer höheren Ordnung einzugehen, werden Säuren genannt. Diejenigen, welche in ihren weiteren Verbindungen die Rolle des positiv-electrischen Körpers übernehmen (also bei der Zersetzung durch die electrische Säule am negativen Pole abgeschieden werden), nennt man Salzbasen.

Der Charakter der Säure, im Sinne der electrochemischen Theorie, wird sich im Allgemeinen um so stärker ausdrücken, je electronegativer die Elemente sind, wodurch sie gebildet wurde. Schwefel ist nach dem Sauerstoff der am stärksten electronegative Körper, daher ist beider Verbindung, die Schwefelsäure, die stärkste aller Säuren. Auf der andern Seite wird eine Verbindung eine um so stärkere Salzbase seyn, je electropositiver ihr Radikal ist. In der That ist Kaliumoxyd das stärkste basische Metalloxyd.

Wenn sich eine und dieselbe Gewichtsmenge eines positiv-electrischen Stoffs in mehreren Verhältnissen mit einem negativ-electrischen vereinigt, so verschwindet mehr und mehr die Beziehung des ersteren als electropositiver Körper, und zuletzt kann es selbst geschehen, dass man eine Verbindung von electronegativer Beschaffenheit erhält. Beispiele sind die Säuren des Mangans.

Die ganze Reihe der Oxyde zusammengefasst, wird man jetzt leicht begreiflich finden, dass von denjenigen, die man Säuren nennt, zu den salzfähigen Grundlagen ein allmählicher Uebergang statt finden muss.

Ein ähnliches Verhalten nimmt man zwischen denjenigen Säuren und Basen wahr, in welchen Schwefel oder sonst ein Körper die negativ-electrische Rolle spielt. Jedoch ist der Gegensatz zwischen der stärksten electronegativen und stärksten electropositiven Schwefelverbindung bei weitem so auffallend nicht, wie der zwischen dem electronegativsten und electropositivsten Oxyde, weil im Allgemeinen Säuren und Basen in Bezug auf ihr Radikal einen um so ausgezeichneteren Charakter besitzen, je electronegativer ihr electronegativster Bestandtheil ist. Das Hervorstechende dieses Charakters verschwindet demnach immer mehr, je weiter diejenigen Stoffe, welche die electronegative Rolle spielen, vom Sauerstoffe entfernt stehen, und in den Verbindungen solcher electronegativen Körper, welche sich in der electrischen Reihe der Mitte nähern, mit den auf sie folgenden Stoffen, so wie in den Verbindungen electropositiver Stoffe unter einander, bemerkt man gewöhnlich weder saure noch basische Eigenschaften.

18. Säuren und Basen, deren electronegativer Bestandtheil gemeinschaftlich ist, zeigen gewöhnlich eine große Neigung sich zu verbinden, und zwar ist ihr Verbindungsbestreben um so mächtiger, die Neutralisation um so vollkommener, je weiter sie in der electrischen Reihe von einander abstehen. Die resultirenden Verbindungen werden Neutralsalze genannt; und je nach der Beschaffenheit des electronegativen Elements, unterscheidet man sie durch die Beinamen: Sauerstoffsalze, Schwefelsalze, Selensalze, Tellursalze u. s. w.

19. Viele Neutralsalze besitzen die Eigenschaft, mehr von der Säure aufnehmen zu können, welche ohnedieß schon in ihnen vorkommt, und diese Verbindungen nennt man saure Salze. Andere können

sich mit einer gröfseren Menge ihrer Base vereinigen, und dadurch entstehen basische Salze.

Manche Neutralsalze können basische und saure Salze bilden. Oft gehen Salze auch wieder unter einander Verbindungen ein, und diese Art von Zusammensetzungen nennt man Doppelsalze. Sie sind gewöhnlich aus einerlei Säure und zwei verschiedenen Basen (Doppelsalze einer Säure), seltner aus zwei Säuren und einerlei Base (Doppelsalze einer Base), höchst selten aber aus zwei verschiedenen Säuren und zwei verschiedenen Basen zusammengesetzt.

20. Die Verbindungen gewisser electronegativer Elemente mit den Metallen haben mit den Salzen die allergröfste Aehnlichkeit. Man zählt sie daher ebenfalls zu den Salzen, unterscheidet sie aber von den vorher betrachteten durch den Namen Haloidsalze. Die einfachen Stoffe selbst, welche die Eigenschaft besitzen Haloidsalze zu bilden, werden Salzbilder genannt. Es sind: Chlor, Brom, Iod, Fluor. Auch einigen zusammengesetzten Körpern, z. B. dem Cyan, Schwefelcyan, kommt diese merkwürdige Eigenschaft zu, sich mit den electropositiven Metallen zu salzähnlichen Substanzen zu vereinigen. Man nennt sie deshalb zusammengesetzte Salzbilder.

21. Wiewohl die electro-chemische Ansicht ihrem jetzigen Umfange nach noch nicht ausreicht, um alle chemischen Erscheinungen vollständig zu erklären, so stimmt doch die auf sie begründete Klassifikation der Körper mit dem natürlichen Verhalten derselben am meisten überein, und ist daher am vorzüglichsten geeignet, um von denjenigen chemischen Gesetzen eine klare Ansicht zu geben, welche mit den bestimmten chemischen Verbindungsverhältnissen im innigsten Zusammenhange stehen. Um daher diese richtig auf-

fassen zu können, mußten wir auch jene einer besondern Betrachtung unterwerfen.

Begriff der Stöchiometrie.

22. In dem Begriffe fester und unveränderlicher Verbindungsverhältnisse liegt schon die Idee einer Anwendung der Mathematik auf die Chemie begründet. Diese Idee nun weiter zu entwickeln, und die Gesetze zu erforschen, durch welche die Chemie einer bestimmten mathematischen Behandlung fähig wird, ist der Gegenstand der Stöchiometrie oder Messkunst chemischer Elemente.

Historische Darstellung der stöchiometrischen Lehren.

23. Begriff und Inhalt der Stöchiometrie stammen erst aus der neueren Zeit. Denn wiewohl man schon sehr frühe die Körper aus Elementen zusammengesetzt betrachtete und auf eine gleichartige Zusammensetzung solcher Gebilde schloß, welche mit den nämlichen äußeren und inneren Eigenschaften begabt sind, so gelangte man doch dann erst zu richtigen Ansichten über einfache Stoffe und deren Verbindungsverhältnisse, als man die chemisch anziehenden Kräfte näher beobachtete und kennen lernte, als man sich von der Gesetzmäßigkeit vieler chemischer Erscheinungen zu überzeugen anfang, und als man die Nothwendigkeit einsah, bei chemischen Untersuchungen Maafs und Gewicht zu berücksichtigen. Der

Grund zu einer chemischen Verhältnisslehre wurde demnach erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts gelegt.

24. Wenzel *) war, so viel bekannt, der Erste, welcher diesem Gegenstande seine Aufmerksamkeit widmete, indem er sich bemühte, die Zusammensetzungsverhältnisse der Körper durch Analysen auszumitteln. Unter den Chemikern, die fast gleichzeitig oder kurz nach ihm zu dem nämlichen Zwecke hinarbeiteten, zeichnen sich vorzüglich Bergmann **), Kirwan ***) und Wieglieb †) aus. Ihre Arbeiten erreichten jedoch nicht die Genauigkeit der Wenzel'schen, daher es auch nur ihm glückte, von der damals auffallenden Erscheinung, daß zwei neutrale Salze bei gegenseitiger Zersetzung ihre Neutralität beibehalten, eine richtige Erklärung zu geben. Er zeigte nämlich, daß die verschiedenen Gewichtsmengen von Alkalien und Erden, welche hinreichen, um nach einander eine bestimmte Quantität einer Säure zu sättigen, für alle Säuren in denselben Verhältnissen zu einander stehen. Z. B. die Erscheinung, daß man bei Vermischung einer Auflösung von schwefelsaurem Kali mit einer Auflösung von salpetersaurem

*) Lehre von der Verwandtschaft der Körper. Dresden, 1777. 8.
Auch: Einleitung zur höheren Chemie. Leipzig, 1773. 8.

**) Torb. Bergm. Opusc. phys. et chemic. Upsala, 1787. Hauptsächlich in seiner Dissertation unter dem Titel: De diversa phlogisti quantitate in metallis. Upsala, 1782.

***) Rich. Kirwan's physisch-chemische Schriften, aus dem Engl. von Dr. Lor. Crell. 4 Bde. Berlin, 1783—93. Kirwan's Untersuchungen über die Mischungsverhältnisse, in Crell's chem. Annal. 1792 II; 1793 I; 1802.

†) Wieglieb, Revision der Grundlehre von der chemischen Verwandtschaft der Körper. Erfurt, 1780. Ferner sein Handbuch der allgemeinen Chemie. 2 Bde. 1796.

Kalk einen Niederschlag von schwefelsaurem Kalk erhält, während salpetersaures Kali ohne Störung der Neutralität aufgelöst bleibt, erklärt Wenzel folgendermaßen:

Kali und Kalk stehen in ihren neutralen Verbindungen mit einer gewissen Menge Schwefelsäure in demselben Verhältnisse zu einander, wie in ihren neutralen Verbindungen mit einer gegebenen Menge Salpetersäure. Wenn daher das Kali seine Schwefelsäure der Kalkerde abtritt, und hierdurch ein neutrales Salz entsteht, so muß die von der Kalkerde befreite Salpetersäure gerade hinreichen, um das Kali zu neutralisiren.

25. Diese schöne Erklärung der Gesetzmäßigkeit in den Mischungen, wodurch die Anwendung der Mathematik auf die Chemie eigentlich erst möglich wurde, blieb lange unbeachtet, wenn gleich das Bestreben des verdienstvollen Wenzel's, die Verbindungsverhältnisse heterogener Stoffe, besonders aber die der Säuren und Basen auszumitteln, viele Nachfolger fand.

26. J. B. Richter ergriff Wenzel's Ansicht zuerst wieder, und stützte darauf mit glücklichem Erfolge seine mathematische Chemie, als deren eigentlichen Schöpfer man ihn daher betrachten muß. Man findet seine Ideen in seinen Anfangsgründen der Stöchiometrie, Breslau u. Hirschberg 1792—94, 3 Bde, und zerstreut in einem periodischen Werke: Ueber die neueren Gegenstände der Chemie, 11 Stücke, Breslau 1792—1802. Wiewohl nun in diesen Werken vieles Irrige enthalten ist, und Richter in der mathematischen Behandlung der Chemie zu weit ging, so bleibt ihm doch das große Verdienst, die erste Idee einer chemischen Verhältnisslehre aufgestellt, und die erste bestimmte Erklärung davon gegeben zu haben.

Durch eine große Menge zu diesem Behufe angestellter Versuche gelang es ihm, Wenzel's Erklärung der ungestörten Neutralität bei gegenseitiger Zersetzung der Erd- und Alkalisalze nicht nur zu bestätigen, sondern auch auf die Metallsalze auszudehnen. Er zeigte, daß zu Folge dieses Naturgesetzes aus einigen genauen Analysen die Mischungsverhältnisse aller Neutralsalze berechnet werden können, und bildete zu dem Ende besondere Tafeln, die er Massenreihen nannte, und welchen er etwa nachfolgende Einrichtung gab:

27. Salzbasen.	Säuren.
Kali 1177	Schwefelsäure . . . 1000
Natron 780	Salpetersäure . . . 1351
Kalkerde 710	Salzsäure 908
Baryterde 1909	Phosphorsäure . . . 1780
Talkerde 515	Kohlensäure 551
Thonerde 427	u. s. w.
Zinkoxyd 1004	
Bleioxyd 2782	
Kupferoxyd 989	
u. s. w.	

Diese Massenreihen beruhen auf folgender Betrachtung: Nach dem Neutralitätsgesetze stehen diejenigen Mengen der verschiedenen salzfähigen Grundlagen, welche eine und dieselbe Quantität einer beliebig angenommenen Säure sättigen, für alle Säuren in den nämlichen Verhältnissen zu einander. Hat man sie also nur für eine einzige Säure ausgemittelt, so sind sie zugleich auch für alle übrigen bekannt. Man kann daher das Zusammensetzungsverhältniß aller Neutralsalze durch Rechnung finden, wenn es nur von einer einzigen Säure mit allen Salzbasen, und

einer Base mit allen Säuren mit voller Zuverlässigkeit untersucht ist.

Gesetzt, man weiß als Ergebniss der Analyse, daß 1000 Theile Schwefelsäure sich verbinden mit 1177 Kali, mit 780 Natron, mit 710 Kalkerde, mit 2782 Bleioxyd u. s. f., man habe ferner gefunden, daß 100 Theile salpetersaures Bleioxyd 67,31 Bleioxyd und 32,69 Salpetersäure enthalten, so folgt, daß 2782 Theile Bleioxyd (die Verhältnisszahl desselben in der Massenreihe) durch 1351 Salpetersäure gesättigt werden, und man weiß jetzt genau, daß die nämlichen 1351 Theile Salpetersäure 1177 Kali, 780 Natron u. s. w. aufnehmen.

Auf diese Weise wurde obige Tafel gebildet, und es ist leicht einzusehen, welchen grossen Vortheil sie gewährt; indem man durch sie in den Stand gesetzt wird, mit dem ersten Blicke die Zusammensetzung jedes Neutralsalzes zu erkennen. Z. B. man will wissen, wie der kohlensaure Baryt zusammengesetzt ist; so hat man nur in der Tafel nachzusehen, mit welchen Zahlen Kohlensäure und Baryterde behaftet sind. Man findet, daß 551 Theile Kohlensäure sich mit 1909 Baryt verbinden.

28. So wichtig auch diese Anwendung war, welche Richter von dem Neutralitätsgesetze machte, so wurde sie gleichwohl von seinen Zeitgenossen kaum berücksichtigt; es sey nun, weil die Resultate seiner Analysen mit seinen theoretischen Ansichten nicht in gehörigem Einklange standen, oder weil der gleichzeitige Streit der antiphlogistischen gegen die phlogistische Schule zu sehr die Aufmerksamkeit aller Chemiker fesselte, oder auch, weil die seinen Schriften eigenthümliche Sprache, so wie der zu häufige unnöthige Gebrauch algebraischer Formeln, vom Studium derselben abschreckten.

Erst in neueren Zeiten erhielten seine Verdienste die ihnen gebührende Würdigung. Hauptsächlich ist es Berzelius, der sie anerkannte, indem er in seinem Lehrbuche vom Jahre 1808 auf Richter's Methode aufmerksam machte, die Zusammensetzung der Salze mittelst einiger guten Analysen zu berechnen. Zugleich drückt Berzelius sein Erstaunen aus, daß man aus dem in Richter's Werken verbreiteten Lichte hinsichtlich der Zusammensetzung der Salze und der gegenseitigen Fällung der Metalle noch keine Vortheile gezogen hatte. Der hauptsächlichste Grund mag wohl darin gelegen haben, daß die Nothwendigkeit, zwischen chemischen Verbindungen in wechselnden Verhältnissen (den chemischen Gemengen) und den festen chemischen Verbindungen einen Unterschied zu machen, in den Begriffen der Chemiker überhaupt nur sehr langsam Eingang fand.

29. Selbst die ausgezeichnetsten Naturforscher der damaligen Zeit, wie Berthollet, glaubten, daß das Auftreten von Verbindungen in bestimmten Verhältnissen nicht in der Gesetzmäßigkeit der chemischen Thätigkeit begründet, sondern nur die Folge zufälliger äußerer Umstände sey.

Seine Behauptung, daß zwischen den Elementen Verbindungen in allen Verhältnissen statt finden könnten *), führte zu einem merkwürdigen Streite zwi-

*) Berthollet (*Essai de statique chimique*, Paris 1802), von dem Grundsatz ausgehend, daß die chemisch anziehenden Kräfte der allgemeinen Anziehungskraft der Körper unterworfen seyen, suchte zu beweisen, daß die chemische Wirksamkeit der Stoffe auf einander nicht bloß von ihren relativen Anziehungen, sondern auch von ihrer Masse, d. h. von der Quantität der wirkenden Theile abhängt, und das, was einem Körper an Kraft der Verwandtschaft abgehe, durch seine

schen ihm und Proust, worin dieser sich bemühte, die Allgemeinheit der Berthollet'schen Ansicht durch Thatsachen zu widerlegen. Hauptsächlich war sein Bestreben dahin gerichtet, zu beweisen, daß sich Metalle mit Sauerstoff, Schwefel und Säuren nur in bestimmten und unveränderlichen Proportionen verbinden, und daß, wenn ein Metall mit Sauerstoff oder Schwefel in mehreren Verhältnissen zusammentreten kann, allemal von einer Verbindung zur andern ein Sprung, niemals aber ein allmählicher Uebergang statt findet. Berthollet glaubte z. B., zwischen dem schwarzen und rothen Eisenoxyde eine Menge anderer Oxydationsstufen wahrgenommen zu haben;

Masse vollkommen ersetzt werden könne. Wenn daher zwei Stoffe auf einen dritten wirken, so theile sich dieser zwischen beide, und zwar im zusammengesetzten Verhältnisse ihrer relativen Verwandtschaft und vorhandenen Masse; ein Verhältniß, das jedoch in den meisten Fällen durch Nebenumstände, als Cohäsion und Expansion, modificirt werde. Seiner Ansicht zufolge läugnet Berthollet Bergmann's sogenannte Wahlverwandtschaft. Auch verwirft er den Unterschied, welchen Lavoisier zwischen Lösung und Auflösung machte, indem er beide als Erzeugniß der nämlichen Kraft betrachtet, nur daß diese bei der einen in einem weit schwächeren Grade, als bei der andern thätig sey. Uebrigens könne man hier keine bestimmte Gränzlinie wahrnehmen. Er verbindet hiermit die Annahme: die Vereinigungsfähigkeit der meisten Stoffe habe gewisse Gränzen, über die hinaus keine Verbindung mehr möglich sey, zwischen welchen hingegen Zusammensetzungen in allen Proportionen stattfinden könnten. Treten gleichwohl zuweilen Körper in festen unveränderlichen Proportionen zusammen; so sey dieß nie als ein unmittelbares Product der chemischen Regsamkeit zu betrachten, sondern es rühre allemal von äußern Umständen her. Z. B. Körper, welche sich bei ihrer Vereinigung stark verdichten, als Sauerstoff und Wasserstoff, verbinden sich deshalb immer in einem bestimmten Verhältnisse.

jedoch Proust zeigte, daß alle diese nichts anderes seyen, als innige Gemenge des schwarzen und rothen Oxyds, und daß überhaupt, wenn zuweilen die Analyse die Meinung von einer fortschreitenden Oxydation begünstigen zu wollen scheine, dieß immer daher rühre, weil ein Gemenge, entweder mehrerer Oxyde, oder des Metalls und Oxyds, der Untersuchung unterworfen wurde.

Den Irrthum der Berthollet'schen Behauptung sucht Proust besonders darin, daß Jener den strengen Unterschied zwischen Lösung und Auflösung nicht genug beachtete. Mit den Lösungen vergleicht er die mannigfaltigen, meistens sehr zusammengesetzten Verbindungen, wie sie im Mineralreiche vorkommen, und wovon die verschiedenen Schwefelerze (Schwefelkiese, Kupferkiese, Bleikiese u. s. w.) Beispiele darbieten. Alle diese betrachtet er als zufällige secundäre Zusammenhäufungen der eigentlichen primären chemischen Verbindungen. Daher auch die Analysen derselben so verschiedenartig ausfallen müssen. Als eigentlich chemische Zusammensetzungen dürfen nur diejenigen angesehen werden, in welche die Bestandtheile entweder zu 2 oder 3, höchstens zu 4 eintreten. Sie finden entweder nur in einem einzigen oder doch nur in sehr wenigen, aber stets unveränderlichen Verhältnissen statt *).

30. Proust's Ansichten wurden nach der Hand durch zahlreiche Versuche anderer Chemiker als richtig befunden und allgemein angenommen.

Indem man nun hierdurch auf die bestimmten chemischen Verbindungsverhältnisse aufmerksam wurde, wurde die Idee einer mathematischen Behand-

*) Proust's Abhandlungen über diesen Gegenstand finden sich zerstreut im Journal de Physique 1801—1805.

lung der Chemie, welche schon Richter entwickelt hatte, die aber mit ihm vergessen, und durch die Berthollet'sche Theorie dem Anscheine nach mehr unterdrückt, als begünstigt worden war, von neuem geweckt.

31. Unmittelbar an Proust's Entdeckungen reihen sich die des Engländers John Dalton *). Dieser Gelehrte fand, daß, wenn sich ein Körper a mit einem andern b in mehreren Verhältnissen verbindet, von einer Verbindung zur andern nicht nur ein Sprung statt findet, sondern auch daß die Antheile von a in den höheren Verbindungen Vielfache von dem kleinsten aufgenommenen Antheile sind; d. h. wenn in der niedrigsten Verbindung B mit A zusammentritt, so ist die darauf folgende aus B mit 2 A zusammengesetzt. Kommt auch noch eine dritte vor, so besteht sie aus B mit 3 A u. s. w. Z. B. 42 Gewichtstheile Kohle vereinigen sich mit 56 Sauerstoff zu Kohlenstoffoxyd, das zu seiner vollständigen Verwandlung in Kohlensäure wieder 56 Theile Sauerstoff aufnehmen muß. Die Kohlensäure enthält also 42 Theile Kohle und $2 \cdot 56 = 112$ Theile Sauerstoff **).

32. Zugleich betrachtet Dalton als einen für chemische Verbindungen allgemein geltenden Grundsatz, was Richter nur in Beziehung auf Säuren und

*) A new System of chemical Philosophy. T. I. 1808. T. II. 1810. Aus dem Englischen von F. Wolff, unter dem Titel: Ein neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft, Berlin. B. I. 1812; B. II. 1813.

**) Lange vor Dalton hatte der irländische Gelehrte Higgins die erste Idee dieser vielfachen Verbindungsverhältnisse gegeben, in dem Werke: A comparative view of the phlogistic and antiphlogistic theories, 1789. Seine Ansicht wurde jedoch nicht beachtet, weil er sie durch keine Thatsachen unterstützte.

Basen gelehrt hatte: Wenn eine bestimmte Menge A irgend eines Stoffes mit einer ebenfalls bestimmten Menge B eines andern, und wieder mit einer bestimmten Menge C eines dritten eine Verbindung eingehen könne, und eben so die Körper, wovon B und C Antheile sind, fähig seyen sich zu vereinigen; so müsse diese letzte Verbindung nothwendig, entweder im Verhältnisse von B zu c, wo $c = C$, oder ein Multiplum von C, oder auch im Verhältnisse von b zu C, wo $b = B$ oder ein Vielfaches von B, vor sich gehen *).

*) Dalton legte seiner Lehre eine rein mechanische Hypothese zu Grunde. Er ging nämlich von der Idee aus, die mechanische Theilbarkeit der Körper habe, eben so wohl wie die chemische, ihre Grenzen, über welche hinaus keine fernere Theilung mehr möglich sey. Alle Körper seyen daher aus kleinsten Theilchen (Molecülen, Atomen) zusammengesetzt. Da nun diese Theilchen für sich fest und undurchdringlich seyen, so könne ihre Vereinigung nur in einer Nebeneinanderlagerung bestehen, bedingt durch eine Kraft, welche zwischen gleichartigen Theilchen oder Atomen den mechanischen Zusammenhang, zwischen ungleichartigen die chemische Verbindung bewirke. Diese Kraft jedoch, welche heterogene Atome zusammenhalte, sey mächtiger als alle Versuche, eine mechanische Trennung zu bewerkstelligen.

Die Atome verschiedener Elemente treten nur in ganz einfachen Verhältnissen zusammen. An ein Atom des einen Elements lagern sich 1, 2, 3 Atome u. s. w. des andern, aber natürlich niemals Brüche von Atomen, da sie untheilbar angenommen sind. Die Verbindungen einfacher Atome nennt er zusammengesetzte Atome. Sie können sich wieder zu noch zusammengesetzteren vereinigen, aber immer in den nämlichen einfachen Verhältnissen.

Diese atomistische Hypothese Dalton's hat in neuerer Zeit viele Anhänger gefunden, und mit einigen Modificationen wird sie von den ausgezeichnetsten Chemikern als die Basis aller stöchiometrischen Untersuchungen betrachtet.

Folgende Beispiele werden diesen Satz erläutern:
 56 Theile Sauerstoff geben mit 42 Theilen Kohlenstoff, Kohlenoxyd; mit 7 Theilen Wasserstoff, Wasser. Können nun Kohlenstoff und Wasserstoff gleichfalls mit einander Verbindungen eingehen; so soll dieß nach Dalton's Ansicht im Verhältnisse von 42:7 oder 42:2.7 oder auch von 2.42:7 u. s. f. geschehen. Wirklich wird diese Annahme durch die Erfahrung bestätigt, denn das Oel erzeugende Gas besteht aus

42 Kohle + 7 Wasserstoff;
 die Sumpfluft aus

42 Kohle + 2.7 Wasserstoff.

Ferner vereinigt sich 7 Wasserstoff mit 112 Schwefel zu Schwefelwasserstoffgas. Ist nun der Schwefel fähig, sich auch mit Sauerstoff oder Kohle zu verbinden; so geschieht dieß geradezu nach den Gewichten 112, 56, 42, oder auch die eine oder die andere dieser Zahlen tritt mehrfach in die Verbindung ein. Dieser Voraussetzung entsprechen die vier bekannten Verbindungen des Schwefels mit Sauerstoff und eine des Schwefels mit Kohlenstoff.

112 Thle Schwefel + 56 Thle Sauerstoff = unterschweflige Säure,

112 Thle Schwefel + 2.56 Thle Sauerstoff = schweflige Säure,

112 Thle Schwefel + 3.56 Thle Sauerstoff = Schwefelsäure.

2.112 Thle Schwefel + 42 Kohle = Schwefelkohlenstoff.

33. Führt man auf eine ähnliche Weise fort, die Resultate genauer Analysen zu vergleichen, so gelangt man zu einer Reihe von Zahlen, deren absoluter Werth begreiflicher Weise willkürlich und von der ersten Annahme abhängig, aber deren Verhält-

nifs zu einander ein bestimmtes ist und von welchen jede einen besondern Körper repräsentirt. Vereinigen sich zwei Körper, so treten sie entweder beide nach denjenigen Gewichten zusammen, die durch obige Zahlen (Verhältnisszahlen) ausgedrückt sind, oder nur der eine geht mit dem ihm eigenthümlichen Gewichte in die Verbindungen ein, der andere dagegen in einem Multiplum des seinigen.

Dalton bezieht übrigens diese Theorie nicht bloß auf die Verbindungen einfacher Stoffe, sondern überhaupt auf alle eigentlich chemischen Zusammensetzungen, und er findet die Verhältnisszahlen zusammengesetzter Körper, indem er die ihrer einfachen Bestandtheile addirt. Z. B. die Schwefelsäure besteht, wie vorhin gezeigt wurde, aus 112 Theilen Schwefel + 3.56 Sauerstoff, was zusammen 280 Gewichtstheile beträgt, das Wasser aus 56 Sauerstoff + 7 Wasserstoff, zusammen 63 Gewichtstheile. Daher vereinigt sich Schwefelsäure mit Wasser entweder im Verhältnisse von 280 : 63, oder das eine dieser Gewichte tritt mehrfach in die Verbindung ein. Die gewöhnliche concentrirte Schwefelsäure ist in ersterem Verhältnisse zusammengesetzt.

34. Obgleich Dalton die Grundidee zu seiner Theorie offenbar von Richter entlehnt hat, so bleibt ihm doch das große Verdienst, der Richter'schen Lehre eine allgemeine Ausdehnung gegeben zu haben, was ohne das Gesetz der multiplen Proportionen, dessen Entdeckung ihm allein zukommt, niemals hätte geschehen können. Er suchte auf die oben angegebene Weise die Verhältnisszahlen der wichtigsten Körper ausfindig zu machen und stellte sie nach Art der Massenreihe von Richter in einer Tafel zusammen. Wie letzterer die Schwefelsäure als Einheit angenommen hatte, so setzte er der bequemerem Ver-

gleichung willen den Wasserstoff, als den leichtesten Körper, $= 1$.

In obigen Beispielen war der Sauerstoff zu 56 angenommen worden, und hiernach hatte man als entsprechende Verhältnisszahl des Wasserstoffs 7, des Schwefels 112, der Kohle 42, gefunden. Wird nun der Wasserstoff $= 1$ gesetzt, so müssen alle diese Zahlen, damit ihr Verhältniss ungestört bleibt, durch 7 dividirt werden. Es wird dem zu Folge die Verhältnisszahl des Sauerstoffs $= 8$, des Schwefels $= 16$, der Kohle $= 6$ u. s. w.

Die Verhältnisszahlen der Verbindungen ergeben sich, indem man die der einfachen Stoffe, jedoch mit Berücksichtigung der multiplen Proportionen, addirt, z. B. die Verhältnisszahl des Wassers ist $8 + 1 = 9$, der Schwefelsäure $16 + 3 \cdot 8 = 40$, der wasserhaltigen Schwefelsäure $40 + 9 = 49$ u. s. f.

Richter nahm die Schwefelsäure zu 1000 an; setzt man sie statt dessen gleich 40, und verändert verhältnissmässig alle übrigen Zahlen der Massenreihe, so ist es klar, dass diese mit Dalton's Tafel zusammenfallen muss; vorausgesetzt, dass die Analysen, worauf sich die Berechnungen gründen, richtig sind.

35. Mehrere von Dalton's Landsleuten: Davy, Thomson, vorzüglich aber Wollaston *), nachdem

*) Wollaston weicht in seiner Tafel von Dalton darin ab, dass er statt des Wasserstoffs, den Sauerstoff als Einheit betrachtet. Er zieht diese Annahme deshalb vor, weil die Verhältnisszahl des Sauerstoffs, als desjenigen Körpers, der die meisten Verbindungen eingeht, auch am häufigsten in Rechnungen vorkommt. Seine Tafel ist übersetzt in Schweigger's Journal XI. S. 456 u. fg. Seine auf eine höchst sinnreiche Idee gegründete synoptische Scale der chemischen Aequivalente (Verhältnissgewichte), nebst der zugehörigen Abhandlung, findet sich ebendasselbst XII. S. 85—105.

sie sich durch eigne Untersuchungen von der Wahrheit des wesentlichsten Theils seiner Lehren überzeugt hatten, und den unberechenbaren Nutzen genauer Tafeln der Verhältnisszahlen erkannten, bestrebten sich, dieselben zu vervollständigen und durch Vergleichung mit den genauesten Versuchen den Zahlen selbst die möglichste Uebereinstimmung mit dem natürlichen Verhalten der Körper zu geben.

Bald erregte dieser Theil der Chemie eine allgemeine Theilnahme, und viele Gelehrte haben sich seitdem um die fernere Ausbildung desselben verdient gemacht.

Hauptsächlich sind es jedoch die rastlosen Forschungen und der Beobachtungsgeist eines Berzelius, welchen wir den jetzigen Umfang der chemischen Proportionslehre zu verdanken haben.

Berzelius hatte schon zu gleicher Zeit mit Dalton Untersuchungen über die Gesetzmässigkeit in chemischen Verbindungen unternommen und hierbei, den von Richter angegebenen Weg verfolgend, sein Augenmerk besonders auf die wechselseitige Zersetzung der Neutralsalze gerichtet. Als das Gesetz der multiplen Proportionen bekannt wurde, fesselte die Wichtigkeit der Entdeckung sogleich seine Aufmerksamkeit; er suchte sie zu bestätigen und weiter auszubilden, und durch eine scharfsinnige Benutzung der Arbeiten anderer Naturforscher, bei seinen eignen zahllosen, bis auf die neueste Zeit fortgesetzten Untersuchungen, gelang es ihm, diejenigen allgemeinen stöchiometrischen Gesetze zu entwickeln, wodurch eigentlich erst die Chemie auf einen rein wissenschaftlichen Standpunkt erhoben wurde, und welche dem Chemiker gestatten, die meisten seiner Arbeiten aufs bestimmteste zu controlliren.

36. Während Berzelius zuerst im Begriffe

stand, durch eine Reihe sorgfältig angestellter Analysen das Richter'sche Gesetz zu bestätigen und die Massenreihen allgemein brauchbar zu machen, wurde durch die Anwendung der Voltaischen Säule bei chemischen Processen auch über das relative Sättigungsvermögen der Säuren und Basen ein neues Licht verbreitet. Davy entdeckte die Zusammensetzung der Alkalien, wies ihre Identität mit den Metalloxyden nach, und gab hierdurch die erste Veranlassung zu der wichtigen Beobachtung, daß in neutralen Salzen die Sauerstoffmenge der Basen zu der der Säuren in einem bestimmten einfachen Verhältnisse steht, welches für ein und dieselbe Säure bei allen Basen das nämliche bleibt; dergestalt, daß eine Säure in jedem Neutralsalze, das sie bildet, entweder eine gleiche Menge, oder noch einmal oder dreimal so viel u. s. w. Sauerstoff enthält, als die Basismenge, wodurch sie neutralisirt wurde, d. h. daß in neutralen Salzen der Sauerstoff der Base ein Theiler ist für den der Säure. (Berzelius in Schweigger's Journ. II. St. 313.) Z. B. 145 Theile schwefelsaurer Baryterde bestehen aus 95 Baryterde, welche 10 Sauerstoff, und 50 Schwefelsäure, die 30 Sauerstoff enthalten. In 108 Theilen neutralen schwefelsauren Kali's kommen auf 58 Theile Kali mit 10 Sauerstoff, 50 Theile Schwefelsäure mit 30 Sauerstoff. Eben so wird man finden, daß in allen übrigen neutralen schwefelsauren Salzen der Sauerstoff der Säure das Dreifache von dem der zugehörigen Basismenge beträgt. In neutralen salpetersauren Salzen ist der Sauerstoffgehalt der Säure der fünffache, in neutralen kohlensauren Salzen der doppelte von dem der Basis u. s. w.

Demnach richtet sich das Sättigungsvermögen einer Säure bloß nach dem Sauerstoffgehalte der Basen, und eine bestimmte Quantität Säure wird von

einer Basis ein um so größeres Gewicht aufnehmen können, je weniger Sauerstoff dieselbe enthält. Z. B. 50 Theile Schwefelsäure verbinden sich mit 95 Theilen Baryterde, aber nur mit 58 Theilen Kali, weil letzteres mehr Sauerstoff in sich faßt, als ein gleiches Gewicht Baryterde. Jedoch der Sauerstoffgehalt der verschiedenen Quantitäten verschiedener Basen, welche einerlei Gewicht einer Säure neutralisiren, ist bei allen gleich groß *).

37. Durch dieses Gesetz wird nun die ungestörte Neutralität bei gegenseitiger Zersetzung neutraler Salze aufs vollständigste erklärt, wie sich am besten an einem Beispiele zeigen läßt. 108 Theile schwefelsaures Kali werden durch 162 Theile salpetersauren Baryt genau zersetzt. Die 58 Theile Kali des schwefelsauren Kali's, so wie die 95 Theile Baryterde des salpetersauren Baryts enthalten gleichviel Sauerstoff. Vertauschen daher beide Basen ihre Säuren, so kann dadurch in dem neutralen Verhalten keine Aenderung hervorgebracht werden. Wendet man mehr als 162 Theile salpetersauren Baryt an, so bleibt dieser Ueberschuß unzersetzt.

Zugleich besitzen wir hierdurch ein Mittel, den Sauerstoffgehalt einer Base zu berechnen, wenn derselbe auf direktem Wege nicht gefunden werden kann. Denn da alle Basen, die ein gleiches Gewicht Säure

*) In Bezug auf die Metalloxyde hatte dieß schon Bergmann bewiesen, in der schon angeführten Abhandlung: *De diversa phlogisti quantitate in metallis*; indem er zeigte, daß, wenn ein Metall ein anderes aus seiner Auflösung regulinisch fällt, es genau den Sauerstoff desselben, aber nicht mehr aufnimmt.

Seine hohe Bedeutung konnte dieses Gesetz jedoch dann erst erhalten, als man im Stande war, es auch auf Alkalien und Erden anzuwenden.

neutralisiren, gleichviel Sauerstoff enthalten müssen; so ist die Zusammensetzung von allen gegeben, wenn man sie nur von einer einzigen kennt, oder mit andern Worten: wenn man einmal weiß, wie viel Sauerstoff der Base ein bestimmtes Gewicht Säure aufnehmen kann.

Gesetzt, das Verhältniß des Aluminiums zum Sauerstoff in der Alaunerde sey unbekannt, man wisse aber, daß in 142,7 Theilen schwefelsaurer Alaunerde 100 Theile Schwefelsäure mit 42,7 Alaunerde verbunden sind, und daß die nämlichen 100 Theile Schwefelsäure durch 119,9 Kali gesättigt werden, welche 20 Theile Sauerstoff in sich fassen; so folgt, daß der Sauerstoff in 42,7 Alaunerde ebenfalls 20 Theile ausmacht.

38. Die Sauerstoffmenge eines Oxyds, das gerade hinreicht, um 100 Theile einer Säure zu sättigen, hat Berzelius die Sättigungscapacität derselben genannt. Aus dem Vorhergehenden folgt nun, daß die Sättigungscapacität einer Säure für alle Basen unveränderlich ist. Sie läßt sich von einer jeden Säure leicht bestimmen, wenn man die letztere mit einem Oxyde verbindet, dessen Zusammensetzungsverhältniß genau erforscht ist. Z. B. das Bleioxyd enthält in 100 Theilen 7,171 Sauerstoff, und diese 100 Theile vermögen 48,72 Theile Salpetersäure zu neutralisiren; so können 48,72 Salpetersäure 7,171 Sauerstoff und somit 100 Salpetersäure 14,71 Sauerstoff einer Base aufnehmen.

39. Wenn die Sättigungscapacität einer Säure bekannt ist, so übersieht man sogleich, in welchem Verhältnisse sich 100 Theile derselben in ihren neutralen Salzen mit den verschiedenen Salzbasen vereinigen werden, weil die ungleichen Gewichtsmengen dieser Basen sämmtlich einerlei Menge Sauerstoff, näm-

lich die der Sättigungscapacität entsprechende, enthalten müssen. Die genaue Ermittlung der Sättigungscapacität einer Säure, durch die Analyse eines ihrer Neutralsalze, ist daher ein wichtiges Hülfsmittel geworden, um diejenige Verhältnisszahl zu bestimmen, nach welcher eine Säure ihre weiteren Verbindungen eingeht.

40. Berzelius, indem er den Begriff der Sättigungscapacität aufstellte, wurde von der Idee geleitet, daß die gegenseitige vollständige Sättigung einer Säure mit einer Base nicht von dem electropositiven Bestandtheil derselben, sondern wesentlich von ihrem Sauerstoffgehalte abhängig sey, und daß ferner die sauren und basischen Salze Verbindungen der dritten Ordnung, nämlich des Neutralsalzes mit einem Ueberschusse der Säure oder der Basis seyen.

Man hat aber seitdem die Entdeckung gemacht, daß es saure und basische Salze gibt, die man nicht auf diese Weise zusammengesetzt betrachten kann, und daß manche Säuren, sowohl aus der unorganischen wie aus der organischen Natur, mit den Salzbasen in mehreren Verhältnissen Salze zu bilden vermögen, die durchaus den Charakter von Neutralsalzen an sich tragen. So bildet z. B. eine gegebene Gewichtsmenge Phosphorsäure mit Kali in drei verschiedenen Verhältnissen Salze, die man zu Folge ihres eigenthümlichen Verhaltens sämmtlich als binäre Verbindungen und als Neutralsalze betrachten muß. Man nennt sie: phosphorsaures, pyrophosphorsaures und metaphosphorsaures Kali. In dem ersten sind 1780 Theile Phosphorsäure mit 3.1177 Kali, im zweiten mit 2.1177 Kali und im dritten nur mit 1177 Kali verbunden. In den beiden ersten Salzen kann ein Theil des Kali's abgeschieden werden, aber nur indem ein verhältnißmäßiger Antheil von einer an-

deren Basis oder von Wasser an seine Stelle tritt. Z. B. 1177 Kali können durch 780 Natron oder durch 224,5 Wasser ersetzt werden. Gerade hierdurch ist der Charakter des Neutralsalzes ausgedrückt; denn ein saures oder basisches oder Doppel-Salz *) muß sich in zwei verschiedene Verbindungen zerlegen lassen.

Säuren, welche, wie die gewöhnliche Phosphorsäure, sich mit 3 Verhältnistheilen Basis verbinden, nennt man dreibasische Säuren. Säuren, welche in ihren Verbindungsverhältnissen mit den Basen sich der Pyrophosphorsäure oder der Metaphosphorsäure ähnlich verhalten, werden zweibasische und einbasische Säuren genannt.

Die Arseniksäure ist eine dreibasische, die Weinsäure eine zweibasische Säure; die meisten Säuren sind einbasische Säuren.

41. Die Vorstellung, daß electropositive Metalle nur durch Aufnahme von Sauerstoff die Fähigkeit erhalten, Salzbasen zu werden, und daß eben dieser Sauerstoffgehalt es sey, wodurch ihr Sättigungsvermögen, den Säuren gegenüber, bedingt werde, hat schon durch die Entdeckung der den Sauerstoffsalzen so ähnlichen Haloidsalze und noch mehr durch Verbindungsverhältnisse, ähnlich den vorher berührten, deren man in der neuesten Zeit ziemlich viele aufgefunden hat, sehr viel von ihrem Werthe verloren. Man hat daher angefangen, die Constitution der Salze unter einem andern, einfacheren Gesichtspunkte zu betrachten, der mehr mit der alten Thatsache der gegenseitigen Ausfällung der Metalle aus ihren Salzlösungen, so wie mit der Art, wie diese Lösungen

*) Wenn seine Bestandtheile nicht isomorph sind.

durch die Einwirkung des electrischen Stroms zer-
setzt werden, übereinstimmt.

Die bisher übliche Theorie der Sauerstoffsalze, welche in jeder Sauerstoffsäure nur ein electronegatives Oxyd erblickt, das die Eigenschaft besitzt, mit electropositiven Oxyden Verbindungen einzugehen, stammt aus der Zeit, als im Gefolge von Lavoisier's merkwürdigen Entdeckungen die Eigenschaften des Sauerstoffs und seiner zahlreichen Verbindungen ein Gegenstand des eifrigsten Studiums für alle Chemiker geworden waren. Da man nach und nach in den meisten zusammengesetzten Körpern und besonders in den mit energischen Eigenschaften begabten, Sauerstoff entdeckte, so gewöhnte man sich an den Gedanken, überhaupt die am meisten hervorstechenden Eigenschaften der Verbindungen von ihrem Sauerstoffgehalte abzuleiten. So dachte man sich den Sauerstoff als das eigentlich sauermachende Princip, so glaubte man, daß die Fähigkeit eines Körpers, Säure oder Basis zu seyn, allein schon genüge, um einen Sauerstoffgehalt darin zu erweisen. Nur daher kam es, daß die Salzsäure so lange Zeit und so hartnäckig für einen oxydirten Körper gehalten wurde. Eben aus diesem Grunde betrachtete man die Neutralsalze als Verbindungen zweier Oxyde. Ihre Entstehungsart gab keine Veranlassung zu dieser Betrachtungsweise.

In der That sind die meisten der stärkeren Säuren, wie Salpetersäure, Chlorsäure, Oxalsäure, Weinsäure, in ihrer Form als Oxyde, einfacherer oder zusammengesetzterer Art, so wie man sich dieselben in ihren Salzverbindungen denkt, noch von Niemandem gesehen worden und nur als sogenannte Säurehydrate bekannt. Einige starke Säuren, Schwefelsäure, Phosphorsäure, sind zwar späterhin von ihrem

Hydratwasser frei und als wirkliche Oxyde dargestellt worden, aber diese Oxyde besitzen Eigenschaften, welche mit denen der eigentlichen Säuren nur wenig übereinstimmen.

42. Nach der Entdeckung des Chlors und Iods und nachdem man sich überzeugt hatte, daß diese Stoffe Säuren bilden, die keinen Sauerstoff enthalten, wurde die Ansicht: daß die Säuren Verbindungen electronegativer Radikale mit Wasserstoff seyn möchten, zuerst von H. Davy geweckt. Diese Ansicht fand zwar in Dulong einen Vertheidiger, jedoch im Allgemeinen nur geringen Beifall; bis dieselbe nach der Entdeckung der mehrbasischen Säuren (deren eigenthümliche Verbindungsverhältnisse nach der bisher üblichen Vorstellungsweise nur dürftig erklärbar sind) durch Liebig von Neuem aufgenommen und zu einer sehr einfachen und übereinstimmenden Erklärungsweise aller Salzverbindungen mit Glück angewendet wurde *).

43. Nach dieser Theorie, die man die Theorie der Wasserstoffsäuren nennen kann, ist eine Säure nicht ein electronegatives Oxyd, sondern die Verbindung eines einfachen oder zusammengesetzten electronegativen Radikals mit Wasserstoff. Dieser Wasserstoff kann durch eine chemisch proportionale Menge eines basischen Metalls vertreten werden. Von der Gewichtsmenge dieses Wasserstoffs ist also die Sättigungscapacität der Säure abhängig.

Das electronegative Element dieser Verbindung kann durch proportionale Gewichtsmengen anderer Radikale auf mannigfaltige Weise vertreten und modificirt werden, ohne daß sich dadurch das Sättigungs-

*) Liebig über die Constitution der organischen Säuren, in den Annal. der Pharmacie B. 26. S. 113.

vermögen des Wasserstoffs ändert. Z. B. in das Radikal oder electronegative Element der Salzsäure können mehrere Proportionen Sauerstoff aufgenommen werden. Wir erhalten dadurch nach einander

	Sauerstoff.		Chlor.	Wasserstoff.
Salzsäure			71	+ 2
Unterchlorige Säure	32	+	71	+ 2
Chlorige Säure	2 . 32	+	71	+ 2
Chlorsäure	3 . 32	+	71	+ 2
Ueberchlorsäure	4 . 32	+	71	+ 2

Alle diese Säuren enthalten einerlei Gewichtsmenge Wasserstoff, nämlich auf 71 Theile Chlor 2 Wasserstoff, und besitzen alle einerlei Sättigungscapacität.

Es gibt Wasserstoffsäuren, in welchen das electronegative Radikal mit zwei- und dreimal so viel Wasserstoff wie in der Chlorwasserstoffsäure verbunden ist (Phosphorsäure, Pyrophosphorsäure); alsdann können an der Stelle des Wasserstoffs auch mehrere Proportionen eines Metalls in die Verbindung eingehen.

Wird ein basisches Oxyd mit einer Säure in Berührung gebracht, so verbindet sich sein Metall mit dem Radikal der Säure, während sein Sauerstoff mit dem Wasserstoff der Säure Wasser erzeugt. Bei einbasischen Säuren wird diese Wechselzersetzung in der Regel durch alle basischen Oxyde leicht und vollständig bewerkstelligt.

Mehrbasische Säuren, wie Phosphorsäure, Citronensäure, Cyanursäure, werden durch die stärkeren Basen, welche ihren Sauerstoff mit grosser Kraft zurückhalten, in der Regel nur theilweise ihres Wasserstoffs beraubt. Je mehr das Radikal der Säure von dem Metall eines Alkali's bereits aufgenommen hat, um so mehr verliert es seine Fähigkeit, den Ue-

berrest seines Wasserstoffs mit einer proportionalen Menge Metall zu vertauschen. Dagegen durch schwächere Basen, welche ihren Sauerstoff leicht losgeben, insbesondere durch Silberoxyd, können selbst den dreibasischen Säuren ihre drei Proportionen Wasserstoff vollständig entzogen und durch drei Proportionen des Metalls ersetzt werden. Dieß geschieht also nicht, weil das Silberoxyd mit besonders starken Verwandtschaftskräften begabt ist, wie man nach der gewöhnlichen Säuretheorie schliessen müßte, sondern gerade umgekehrt, weil der Sauerstoff des Oxyds die stärkere Verwandtschaft zum Wasserstoff der Säure besitzt.

44. Die Theorie der Wasserstoffsäuren widerspricht übrigens nicht der Möglichkeit einer Verbindung zwischen Oxyden unter einander. Die mannigfaltigen Verbindungen der Kieselerde mit andern Oxyden, die sogenannten titansauren und zinnsauren Salze, und viele andere Verbindungen, die man durch Zusammenschmelzen zweier Oxyde erhalten kann, werden am natürlichsten auf eine der Art ihrer Entstehung entsprechende Weise zusammengesetzt betrachtet. Aber Kieselerde, Zinnoxid, Titanoxid sind keine mit den Eigenschaften der Säuren begabte Verbindungen.

Ueberblick der Grundgesetze der Stöchiometrie.

45. Wir haben auf den vorhergehenden Blättern gezeigt, wie sich die chemische Proportionslehre nach und nach und nur durch die nach einem Ziele gerich-

teten Bestrebungen sehr vieler Gelehrten entwickelt hat.

Gegenwärtig, nachdem eine bestimmte Gesetzmäßigkeit in den chemischen Verbindungsverhältnissen durch das Studium zahlloser Verbindungen der mannigfaltigsten Art bewährt worden ist, von Niemand mehr bezweifelt und von dem Studium der Chemie überhaupt gar nicht mehr getrennt werden kann, gegenwärtig läßt sich die Stöchiometrie auf ganz wenige, einfache Erfahrungsgesetze zurückführen.

Es sind die folgenden:

46. a) Die Erzeugnisse der chemischen Wirksamkeit zerfallen in zwei Klassen:

1) Vereinigungen in unbestimmten, veränderlichen und innerhalb gewisser Gränzen sogar willkürlichen Verhältnissen; chemische Gemenge.

2) Vereinigungen in unveränderlichen und daher ein- für allemal bestimmbaren Verhältnissen; eigentlich chemische Verbindungen.

Eine Salpeterlösung in Wasser, verdünnte Schwefelsäure, Glas sind chemische Gemenge. Sie können in sehr mannigfaltigen Verhältnissen gebildet seyn. Die zufällig oder absichtlich gewählten Mengen der Bestandtheile, die Temperatur-Höhe konnten entscheidend darauf hingewirkt haben. In jedem einzelnen Falle vermag nur der Versuch darüber Aufschluß zu geben.

Die chemischen Gemenge können daher unmittelbar keinen Gegenstand der Berechnung ausmachen.

Salpeter, Wasser, concentrirte Schwefelsäure sind chemische Verbindungen. Einmal genau untersucht, sind die Zusammensetzungsverhältnisse dieser Körper für immer bekannt. Unter welchen Umständen sie gebildet seyen, wo sie vorkommen mögen, — sobald wir dieselben im chemisch reinen Zustande,

d. h. frei von zufälligen Beimengungen, vor uns haben, so vermögen wir schon aus ihrer Gewichtsmenge zu beurtheilen, wie viel von jedem Bestandtheile darin vorgefunden werden kann.

Die Stöchiometrie beschäftigt sich nur mit den wirklich chemischen Verbindungen.

47. b) In allen bestimmten chemischen Verbindungen ist das Verhältniß der Bestandtheile, mögen diese nun einfache Stoffe oder wieder zusammengesetzt seyn, in der Art festgesetzt, daß sie alle durch Zahlen vorgestellt werden können, deren absolute Werthe an sich zwar gleichgültig, aber deren Verhältnisse zu einander unveränderlich sind. Jede dieser Zahlen drückt für den besonderen einfachen oder zusammengesetzten Körper, welchen sie repräsentirt, das relative Gewicht aus, unter dem er seine Verbindungen mit denjenigen Körpern, womit er sich überhaupt verbinden kann, eingeht. Z. B. es vereinigen sich:

100 Gewichtstheile Sauerstoff mit

12,5 — Wasserstoff zu Wasser,

490 — Kalium zu Kali,

339 — Eisen zu Eisenoxydul,

76,5 — Kohlenstoff zu Kohlenoxyd,

201 — Schwefel zu unterschwefliger Säure,

88,5 — Stickstoff zu Stickstoffoxyd.

Diese Zahlen drücken nun nicht nur die Verhältnisse aus, in welchen sich diese Körper mit Sauerstoff, sondern auch, in welchen sie sich unter einander vereinigen. In der That, 201 Schwefel mit 12,5 Wasserstoff bildet das Schwefelwasserstoffgas; 201 Schwefel mit 490 Kalium, Schwefelkalium; 201 Schwe-

fel mit 339 Eisen, Schwefeleisen. Aus 12,5 Wasserstoff und 76,5 Kohlenstoff ist das sogenannte ölerzeugende Gas zusammengesetzt.

48. Man hat diesen Verhältniszahlen, je nach der Betrachtungsweise, von der man bei Bestimmung derselben ausging, verschiedene Benennungen beigelegt: Massentheile, stöchiometrische Werthe, chemische Differentiale, Atome oder Atomgewichte, Aequivalente, Verhältnissgewichte, Mischungsgewichte, alles das bezeichnet im Wesentlichen dieselbe Sache.

49. c) Die Körper vereinigen sich nicht nur nach den einfachen Verhältnissen, welche durch ihre Mischungsgewichte ausgedrückt sind, sondern auch nach Vielfachen derselben. Z. B. man findet, in dem

	Stickstoff.	Sauerstoff.
Stickstoffoxydul auf je	2 . 88,5	100
Stickstoffoxyd " "	2 . 88,5	2 . 100
Salpetrige Säure " "	2 . 88,5	3 . 100
Salpetrige Salpetersäure " "	2 . 88,5	4 . 100
Salpetersäure " "	2 . 88,5	5 . 100

Die Kohlensäure enthält auf 76,5 Kohlenstoff 200 Sauerstoff.

Die einzige bekannte Verbindung zwischen Kohlenstoff und Schwefel ist aus 76,5 Kohlenstoff und 2 . 201 Schwefel zusammengesetzt.

Ammoniak, die einzige Verbindung zwischen Wasserstoff und Stickstoff, die man kennt, enthält auf 3 . 12,5 Wasserstoff 2 . 88,5 Stickstoff.

50. Es gibt viele Beispiele von Verbindungen zweier Körper nach Vielfachen derjenigen Verhältnissgewichte, welche ihre Verbindungen mit Sauerstoff oder Schwefel bezeichnen, während dieselben Körper sich

im einfachen Verhältnisse dieser Gewichte nicht zu vereinigen vermögen.

Wenn man also weiß, daß a Gewichtstheile eines Körpers A sich mit b Theilen von B und mit c Theilen von C verbinden, so gibt diese Thatsache allein keinen bestimmten Aufschluß hinsichtlich des Verbindungsverhältnisses zwischen B und C . Nur so viel ist gewiß: Wenn überhaupt eine Verbindung zwischen beiden Stoffen möglich ist, so wird sie nach einem der folgenden Verhältnisse statt finden:

$c : b$ oder $c : 2b$ oder $c : 3b$,
 oder auch $2c : b$ oder $2c : 3b$ oder $2c : 5b$,
 oder vielleicht auch nach einem noch mehr zusammengesetzten Verhältnisse der Mischungswerthe c und b . Absolute Gränzen lassen sich hier, wenn man die vielen verwickelten Zusammensetzungen erwägt, womit uns die organische Chemie bekannt gemacht hat, mit Grund nicht voraussetzen.

Die multiplen Verbindungsverhältnisse müßten daher die Zusammenstellung der stöchiometrischen Zahlen in einer Tabelle ungemein erschweren, und der Gebrauch einer solchen Tabelle könnte nur von sehr eingeschränktem Nutzen seyn, wenn nicht ein sehr großer Theil der zusammengesetzten Körper so zusammengesetzt wäre, daß sie sich als Verbindungen nach dem einfachen Verhältnisse der Mischungsgewichte ihrer näheren Bestandtheile betrachten lassen; wenn nicht unter den Verbindungen nach multiplen Proportionen sehr viele proportional, d. h. nach gleichen Verhältnissen ihrer Mischungsgewichte zusammengesetzt wären; und wenn nicht noch insbesondere die Verbindungen der electropositiven Elemente mit Sauerstoff, Schwefel, Selen, Tellur, Chlor, Brom, Iod, Fluor und den zusammengesetzten Salzbildern gewöhnlich in so analogen Verhältnissen vor

sich gingen, daß man aus den Verbindungen, welche irgend ein Metall z. B. mit Sauerstoff oder mit Chlor bildet, mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit auf diejenigen Verbindungen schließen kann, welche dasselbe Metall etwa mit Schwefel oder Brom u. s. w. erzeugen wird.

51. Wasser und alle stärkeren Salzbasen sind Verbindungen von 1 : 1; wenigstens ergibt sich aus den chemischen Beziehungen dieser Körper kein Grund, sie anders zusammengesetzt zu betrachten.

12,5	Gewichtstheile	Wasserstoff,
490	"	Kalium,
291	"	Natrium,
857	"	Baryum,
256	"	Calcium,
339	"	Eisen,
403	"	Zink,
1294	"	Blei,
396	"	Kupfer,
1352	"	Silber

sind die ungleichen Gewichtstheile einiger electropositiven Elemente, welche, mit 100 Sauerstoff vereinigt, bis zu dem Grade gesättigt werden, daß dadurch eine Salzbasis entsteht. Diese Zahlen drücken also die Mischungsgewichte dieser verschiedenen Stoffe aus, oder sie bezeichnen diejenigen Gewichte derselben, welche hinsichtlich ihrer Sättigungskraft für 100 Gewichtstheile Sauerstoff einerlei Werth besitzen, — welche in ihren Verbindungen mit 100 Sauerstoff mit einander vertauscht oder durch einander vertreten werden können, ohne daß darum der Sauerstoff aufhört in gleichem Grade gesättigt zu bleiben. Sie sind aus diesem Grunde von Wollaston Aequivalente genannt worden.

Dieselben Gewichte dieser Körper können, an der Stelle von

100	Gewichtstheilen	Sauerstoff, sich mit
201	"	Schwefel,
442	"	Chlor,
234	"	Fluor,
330	"	Cyan,
732	"	Schwefelcyan

verbinden und dadurch gerade wie durch 100 Sauerstoff gesättigt werden; d. h. jeder Theil des einen Elementes und jeder Theil des andern tritt vollständig in die Verbindung ein.

Also die erwähnten ungleichen Gewichtstheile von Sauerstoff, Schwefel, Chlor, Cyan u. s. w. können einander vertreten; sie sind Aequivalente.

Die folgenden Beispiele werden dies noch deutlicher machen:

Die Auflösungen des Bleioxyds werden durch Schwefelkalium gefällt. Gesetzt nun, wir vermischen eine Auflösung von 1394 Theilen Bleioxyd mit 691 Theilen Schwefelkalium, so verwandelt sich alles Blei in Schwefelblei, das als ein unlöslicher Körper niederfällt; alles Kalium wird zu Kali und bleibt in der Auflösung zurück. Denn da

$$\begin{array}{lcl} 691 \text{ Schwefelkalium} & = & 490 \text{ Kalium} + 201 \text{ Schwefel,} \\ 1394 \text{ Bleioxyd} & = & 100 \text{ Sauerstoff} + 1294 \text{ Blei,} \end{array}$$

so folgt, daß der Sauerstoff des Bleioxyds genau ausreicht, um den Schwefel des Schwefelkaliums, und ebenso der letztere, um den ersteren zu vertreten.

Angenommen, die

$$691 \text{ Schwefelkalium} = 490 \text{ Kalium} + 201 \text{ Schwefel}$$

werden mit

$$454,5 \text{ Salzsäure} = 442 \text{ Chlor} + 12,5 \text{ Wasserstoff}$$

versetzt, so tritt alles Chlor mit allem Kalium zusammen, und aller durch das Chlor vollständig ersetzte oder ausgetriebene Schwefel, so wie aller durch das Kalium ausgetriebene Wasserstoff verbinden sich zu Schwefelwasserstoff, der sich in Gasform entbindet.

Hätte man im ersten Beispiel mehr als 691 Schwefelkalium, oder im zweiten mehr als 454,5 Salzsäure angewendet, so würde dieser Ueberschufs, nach erfolgtem Niederschlage oder nach erfolgter Gasentwicklung, unverändert zurückgeblieben seyn.

52. Die Verbindungen des Wassers und der Salzbasen mit den meisten (mit allen (40) einbasischen) Säuren sind ebenfalls im Verhältniß von 1:1 zusammengesetzt. Die Salzbasen vertreten sich in diesen Verbindungen, in den Neutralsalzen, ganz in demselben Verhältnisse wie ihre electropositiven Radikale in ihren Verbindungen mit Sauerstoff, Chlor u. s. w. Z. B.

590 Kaliumoxyd = 490 Kalium + 100 Sauerstoff

957 Baryumoxyd = 857 Baryum + 100 „

1452 Silberoxyd = 1352 Silber + 100 „

besitzen gegenüber von

454,5 Chlorwasserstoffsäure oder

501 Schwefelsäure,

677 Salpetersäure,

453 Oxalsäure,

643 Essigsäure

u. s. w. ganz gleichen Werth, oder sind gleich geeignet, mit einerlei Gewichtsmenge einer Säure gesättigte Verbindungen zu bilden. Es ist klar, daß diejenigen Gewichtsmengen der verschiedenen Basen, die erhalten werden, indem man zum Aequivalente ihrer metallischen Radikale 100 Sauerstoff addirt, die Aequivalente dieser Basen bezeichnen.

Eben so einleuchtend ist es, daß die ungleichen Gewichte der einbasischen Säuren, deren jedes durch ein Aequivalent irgend einer der stärkeren Basen gesättigt werden kann, die Aequivalente dieser Säuren sind.

Wir wollen auch hier den Begriff des Aequivalents durch einige Beispiele weiter zu erläutern suchen. Es werden

1634 salpetersaur. Baryt = 957 Baryt + 677 Salpetersäure
zersetzt durch

1091 schwefelsaur. Kali = 501 Schwefelsäure + 590 Kali,
so werden 1458 Theile schwefelsaurer Baryt ausgefällt und 1267 Theile Salpeter bleiben in der Auflösung, d. h. aller Baryt verbindet sich mit aller Schwefelsäure, alle Salpetersäure mit allem Kali, weil beide Salze genau im Verhältnisse der Aequivalente ihrer Bestandtheile vermischt worden waren.

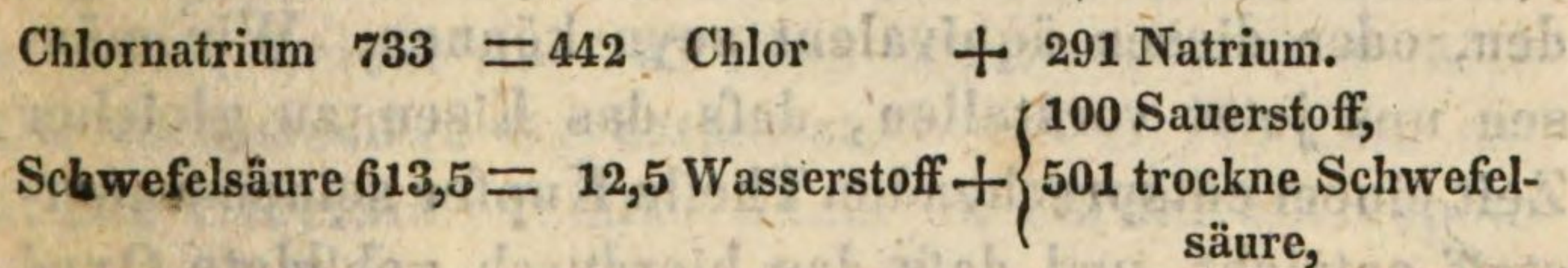
Der salpetersaure Baryt kann bekanntlich auch durch Schwefelsäure vollständig zersetzt werden. Diese Schwefelsäure ist aber nicht das Oxyd des Schwefels, dessen Aequivalent wir mit 501 bezeichnen, sondern sie ist eine Verbindung des Oxyds mit Wasser, worin auf je 501 Theile Oxyd 112,5 Theile, d. h. ein Aequivalent Wasser enthalten sind. Indem nun die Salpetersäure ihren Baryt an die Schwefelsäure abtreten muß, sättigt sie sich genau mit derjenigen Wassermenge, welche früher an die Schwefelsäure gebunden war; oder wir erhalten schwefelsauren Baryt, der kein Wasser enthält, und Salpetersäurehydrat.

53. Dergleichen Wechselzersetzungen, wie zwischen Sauerstoffsalzen unter einander, finden in derselben Weise zwischen Sauerstoffsalzen und Haloidsalzen statt. Um sie im Sinne der Theorie der Sauer-

stoffsäuren auf ungezwungene Weise zu erklären, muß man die Haloidsalze in ihrer wässrigen Auflösung ebenfalls als Sauerstoffsalze betrachten.

Z. B. Chlorbaryum wird durch Schwefelsäure oder schwefelsaures Kali eben so vollständig zersetzt, wie der salpetersaure Baryt. Wir sagen nun: Chlorbaryum, in Wasser aufgelöst, verwandelt sich in chlorwasserstoffsäuren Baryt, und durch die Wechselzeretzung wird schwefelsaurer Baryt und chlorwasserstoffsäures Kali erhalten.

Wird ein trocknes Haloidsalz, z. B. Chlornatrium, durch concentrirte Schwefelsäure zersetzt, so läßt sich die eben gegebene Erklärungsweise nicht beibehalten. Man nimmt dann an, daß die Schwefelsäure sich in trockne Schwefelsäure, Sauerstoff und Wasserstoff spaltet. Indem nun letzterer mit dem Chlor zu Salzsäure zusammentritt, reicht der frei gewordene Sauerstoff gerade hin, das Natrium zu oxydiren, so wie das hierdurch gebildete Oxyd, um mit der Schwefelsäure ein Natronsalz zu erzeugen. Nachfolgende Zusammenstellung der Bestandtheile derjenigen Mengen Chlornatrium und Schwefelsäure, die einander vollständig zersetzen, wird dieß deutlich machen.



454,4 Salzsäure, 891 schwefels. Natron.

54. Die Verbindungen einer Basis können durch ein anderes basisches Oxyd von stärkerer Verwandtschaftskraft zersetzt werden. Obgleich nun die Oxyde Verbindungen von derselben Ordnung sind wie die Chlorüre, so glaubt man doch, von dieser Art Zeretzung sich eine ganz andere Vorstellung machen zu müssen, als von den vorher betrachteten. Wird

z. B. die Verbindung der trocknen Schwefelsäure mit Wasser, durch Kupferoxyd zersetzt, so sagt man ganz einfach: das Wasser trennt sich von der Schwefelsäure, und Kupferoxyd nimmt seine Stelle ein.

Wird schwefelsaures Kupferoxyd durch Kali zersetzt, so sagt man: das Kali tritt an die Stelle des Kupferoxyds, letzteres wird abgeschieden.

55. Die wässerigen Auflösungen vieler Säuren und Metallsalze, wie Silbersalze, Quecksilbersalze, Bleisalze, Kupfersalze und andere mekr, können durch Metalle von stärkerer Affinität unmittelbar zersetzt werden. Sind es nun Wasserstoffsäuren oder Haloidsalze, bei welchen dieses Zersetzungsphänomen vor sich geht, so sagt man ganz einfach: der Wasserstoff oder das aufgelöste Metall wird durch das in die Flüssigkeit gebrachte und mit stärkerer Verwandtschaft begabte Metall ausgetrieben, in der Art, daß an die Stelle des einen gerade ein Aequivalent des andern in die Verbindung eingeht.

Sind es Auflösungen von Sauerstoffsalzen, ist es z. B. schwefelsaures Kupferoxyd, das durch Eisen ausgefällt wird, so ist die Betrachtung weniger einfach, weil Oxyde nicht durch Metalle vertreten werden, oder diesen äquivalent seyn können. Wir müssen uns jetzt vorstellen, daß das Eisen zu gleicher Zeit einem entsprechenden Theile Kupfer seinen Sauerstoff entzieht, und daß das hierdurch gebildete Oxyd sich mit der Säure verbindet.

56. Sehr viele Stoffe sind fähig, sich in mehreren Verhältnissen mit Sauerstoff, Chlor, Schwefel u. s. w. zu verbinden. Die Uebersicht der hierdurch entstehenden zahlreichen zusammengesetzten Körper wird aber dadurch ungemein erleichtert, daß man in der Regel findet, daß unter den Verbindungen eines Radikals mit Schwefel, Selen, Tellur und den Salzbil-

dern, Chlor u. s. f. mehrere, wo nicht alle, den verschiedenen Oxydationsstufen desselben Radikals proportional zusammengesetzt sind.

Wir haben z. B. zwei Oxydationsstufen des Eisens. In der einen sind 339 Eisen mit 100 Sauerstoff, in der andern 2.339 Eisen mit 3.100 Sauerstoff verbunden. In dem einen dieser Oxyde können 100 Sauerstoff durch 201 Schwefel oder 442 Chlor oder 330 Cyan u. s. w., in dem andern können 3.100 Sauerstoff durch 3.201 Schwefel oder 3.442 Chlor oder 3.330 Cyan u. s. w. vertreten werden.

Ebenso bildet das Antimon mit Chlor und Schwefel drei, den drei Oxyden desselben Metalles correspondirende oder ähnlich zusammengesetzte Verbindungen.

Es sind zwei Chlorverbindungen des Phosphors bekannt; sie correspondiren in ihrer Zusammensetzung der phosphorigen und Phosphorsäure.

Zuweilen fehlt eine Oxydationsstufe, deren correspondirende Chlor- oder Schwefelverbindung man bereits aufgefunden hat. Wir kannten z. B. noch vor wenigen Jahren nur zwei Oxyde des Zinns, — die niedrigste, welche auf 735 Zinn 100 Sauerstoff, und die höchste, welche auf 735 Zinn 200 Sauerstoff enthält. Die intermediäre Oxydationsstufe von 2.735 Zinn auf 3.100 Sauerstoff fehlte, allein da die ihr correspondirende Schwefelungsstufe des Zinns bekannt war, so zweifelte man damals nicht, daß auch jene noch werde aufgefunden werden.

57. Manche Stoffe, insbesondere Schwefel, Selen, Fluor, zeigen eine solche Fähigkeit, den Sauerstoffverbindungen correspondirende Zusammensetzungen hervorzubringen, daß sogar ihre weiteren Verbindungen, die Schwefelsalze, Selensalze, Fluorsalze, in der Regel diesem Gesetze unterworfen sind. Denkt

man sich z. B. in den arsenikschwefligen oder antimonischwefligen oder kohlenischwefligen Schwefelsalzen allen Schwefel durch eine Sauerstoffmenge von gleichem chemischem Werthe ersetzt, so erhält man arseniksaure, antimonsaure, kohlenaure Salze. Denkt man sich in einem Borfluorsalze alles Fluor durch Sauerstoff vertreten, so entsteht ein borsaures Salz.

58. Viele unter den schwächeren Salzbasen sind nicht, oder man betrachtet sie wenigstens nicht im Verhältnisse von 1:1 zusammengesetzt. So enthält das Eisenoxyd auf 2 Aeq. Eisen 3 Aeq. Sauerstoff, das Zinnoxid auf 1 Aeq. Zinn 2 Aeq. Sauerstoff, Kupferoxydul und Quecksilberoxydul auf 2 Aeq. des Metalls 1 Aeq. Sauerstoff.

Für diese basischen Oxyde kennt man nicht nur correspondirende Chlor- und Schwefelverbindungen, sondern auch ihre Salze sind ähnlich zusammengesetzt. D. h. wenn z. B. Eisenoxyd sich mit einer Säure zu einem neutralen Salze verbindet, so muß für jedes Aequivalent Sauerstoff des Oxyds ein Aequivalent Säure in die Verbindung eingehen. Die neutralen Eisenoxydsalze enthalten daher 3 Aeq. Säure auf 2 Aeq. Eisen; die neutralen Zinnoxidsalze 2 Aeq. Säure auf 1 Aeq. des Metalls; die neutralen Kupferoxydulsalze 1 Aeq. Säure auf 2 Aeq. des Metalls.

Der Grund dieses Verhaltens ist sehr leicht einzusehen, wenn die Säure eine Wasserstoffsäure, z. B. Salzsäure, ist. Denn, wenn man

978 Eisenoxyd = 2.339 Eisen + 3.100 Sauerstoff
mit drei Mischungsgewichten oder
1363,5 Salzsäure = 3.442 Chlor + 3.12,5 Wasserstoff
vermischt, so wird, indem sich aller Sauerstoff des Eisens in Wasser verwandelt, gerade so viel Chlor frei, als nöthig ist, um die dem Oxyde correspondirende Chlorverbindung hervorzubringen.

Wenn dagegen die Säure eine Sauerstoffsäure, z. B. Schwefelsäure, ist, so kann man sich nicht befriedigend erklären, warum auch jetzt für jedes Aeq. Sauerstoff des Oxyds 1 Aeq. Säure aufgenommen wird. Denn die Ansicht, daß die Sättigungscapacität der Basen von ihrem Sauerstoffgehalte abhängt, ist in der That nichts anders, als ein Ausdruck für eine Reihe von Thatsachen und hat, selbst als Erfahrungsgesetz betrachtet, keinen Werth mehr, seitdem man weiß, daß es Säuren gibt, die mit zwei und drei Proportionen Basis gesättigte Verbindungen bilden (40).

Hat man fertig gebildetes schwefelsaures Eisenoxyd und hält man sich an die Thatsache, daß darin auf 2 Metall 3 Säure enthalten sind, so läßt sich die Wechselzersetzung desselben mit Einfach Schwefelkalium, oder Chlorbaryum, oder salpetersaurem Blei, ungeachtet diese Körper dem Eisenoxysalze nicht proportional sind, eben so leicht einsehen, wie vorher die Zersetzung des Eisenoxys durch Salzsäure.

59. Es ist bereits an verschiedenen Stellen darauf aufmerksam gemacht worden, daß die bisher übliche Ansicht über die Constitution der Sauerstoffsäuren und Salze nicht nur zwischen Körpern, die ihrer Natur nach die größte Aehnlichkeit besitzen, eine künstliche Scheidewand zieht (Sauerstoffsalze, Haloidsalze), sondern auch, daß sie in der Erklärung von wesentlich ganz ähnlichen Erscheinungen sehr häufig die Gesichtspunkte wechseln muß, daß sie über manche Erscheinungen nur mangelhafte, über andere gar keine Auskunft ertheilt.

Die Theorie der Wasserstoffsäuren (42) hat in dieser Hinsicht unbestreitbare Vorzüge, und wenn es gestattet ist, unter zwei Theorien diejenige als die

wahrscheinlichere anzuerkennen, welche die größte Menge von Erscheinungen unter dem einfachsten Gesichtspunkte zusammenfaßt, welche also die bequemste Uebersicht gestattet und dem Gedächtnisse am meisten zu Hülfe kommt, so wird man die bisher übliche Theorie selbst dann verlassen müssen, wenn es gelingen sollte, nach derselben von der Wechselwirkung der Basen, Säuren und Salze überall eine den Verstand in gleichem Grade befriedigende Erklärung zu geben, wie nach der Theorie der Wasserstoffsäuren.

60. Nach dieser letzteren Theorie sind alle wirklichen Säuren Verbindungen eines einfachen oder zusammengesetzten electronegativen Radikals, eines Salzbuilders, mit einer gewissen Menge durch Metalle vertretbaren Wasserstoffes. Die Neutralsalze sind Verbindungen desselben Radikals mit einem basischen Metalle, oder in den Neutralsalzen ist der Wasserstoff durch eine chemisch proportionale Menge eines Metalls vertreten.

Das Radikal einer Säure ist entweder einfach oder zusammengesetzt. Im zusammengesetzten Radikal kann das Mischungsgewicht eines einfachen Stoffs mit einem oder zwei oder mehreren Mischungsgewichten eines andern verbunden seyn; es können aber auch mehrere Stoffe darin aufgenommen oder die einen durch andere ausgeschieden werden. Bleibt dabei die Menge des ersetzbaren Wasserstoffs ungeändert, so besitzen alle diese verschiedenen Säuren einerlei Sättigungscapacität; denn entweder ist die Bildung eines Neutralsalzes das Resultat einer Wechselsetzung, und in diesem Falle kann nicht mehr von einem Metalle aufgenommen werden, als Wasserstoff fortgeht, oder der Wasserstoff wird durch ein Metall von stärkerer Affinität unmittelbar ausgetrieben,

d. h. er wird wenigstens zunächst durch eine proportionale Menge dieses andern Metalls ersetzt.

Z. B. die folgenden sehr ungleichen Gewichte verschiedener Säuren haben einerlei Sättigungscapazität, weil ihre Radikale (R.) sämmtlich mit nur einem Aequivalent abscheidbarem Wasserstoffe verbunden sind.

Schwefelwasserstoffsäure...	= 12,5 Wasserstoff +	201 R. (= 1 Aeq. Schwefel).
Wasserstoffschweflige Säure	= 12,5	414,5 R. (= 2 Aeq. Schwefel + 1 Wasserstoff),
Schweflige Säure	= 12,5	501 R. (= 1 Schwefel + 3 Sauerstoff).
Schwefelsäure	= 12,5	601 R. (= 1 Schwefel + 4 Sauerstoff).
Unterschweflige Säure ...	= 12,5	701 R. (= 2 Schwefel + 3 Sauerstoff).
Unterschwefelsäure	= 12,5	1001 R. (= 2 Schwefel + 6 Sauerstoff).
Nitroschwefelsäure	= 12,5	878 R. (= 1 Schwefel + 5 Sauerstoff + 1 Stickstoff).
Salpetersäure	= 12,5	777 R. (= 6 Sauerstoff + 1 Stickstoff).
Blausäure	= 12,5	330 R. (= 1 Aeq. Cyan).
Schwefelblausäure	= 12,5	731 R. (= 1 Cyan + 2 Schwefel).
Cyansäure	= 12,5	530 R. (= 1 Cyan + 2 Sauerstoff).
Kohlenschwefelsäure	= 12,5	680 R. (= 1 Kohle + 3 Schwefel).
Kohlensäure (mit Wasser) .	= 12,5	376 R. (= 1 Kohle + 3 Sauerstoff).
Oxalsäure	= 12,5	553 R. (= 2 Kohle + 4 Sauerstoff).
Essigsäure	= 12,5	743 R. (= 4 Kohle + 4 Sauerstoff + 3 Wasserstoff).

Die ungleichen Gewichtsmengen aller dieser Radikale, welche mit 12,5 Wasserstoff verbunden eine Säure erzeugen, sind Aequivalente; sie haben, 1 Aeq. Wasserstoff oder Kalium oder Eisen gegenüber, gleichen Werth. Die meisten derselben sind freilich im isolirten Zustande nicht bekannt; von mehreren ist sogar die Verbindung mit Wasserstoff, die Säure, nur hypothetisch angenommen, und man kennt nur solche ihrer Verbindungen, worin der Wasserstoff durch ein Metall vertreten ist. Dieß ist jedoch ohne wesentlichen Einfluß auf unsere theoretische Vorstellung; denn was auch der theoretische Gesichtspunkt sey, von dem man ausgeht, so lassen sich doch nur ganz wenige Salze durch Zusammenbringung ihrer näheren Elemente darstellen; die meisten werden durch einen mehr oder weniger einfachen Zersetzungsprocess erhalten.

61. Gleichwie die einfachen Elemente, Sauerstoff, Chlor, Schwefel, sich mit vielen Metallen in mehreren Verhältnissen verbinden können, so ist dieß auch mit vielen der zusammengesetzten der Fall. So verbindet sich Eisen mit dem Radikal der Schwefelsäure und Salpetersäure, mit Cyan u. s. w., im Verhältnisse von 1:1, aber auch im Verhältnisse von 2:3. Kupfer und Quecksilber treten mit denselben Radikalen im Verhältnisse von 1:1, aber auch von 2:1 zusammen. Diese Verbindungen müssen, wenn ihre electronegativen Radikale mit Sauerstoff, Schwefel, Chlor gleichen chemischen oder Sättigungswerth haben, stets den basischen Oxyden derselben Metalle proportional zusammengesetzt seyn, da sie nur durch Wechselzeretzung der Oxyde, Chlorüre, Sulfüre mit Säuren erhalten werden. Z. B. schwefelsaures Eisenoxyd wird durch Zusammenbringung von Schwefelsäure und Eisenoxyd auf dieselbe Weise dargestellt, wie man ver-

mittelst Salzsäure und Eisenoxyd das Eisenchlorid gewinnt. Der Wasserstoff der Säure desoxydirt das Metall, und dieses verbindet sich mit einer dem in Wasser verwandelten Wasserstoffe proportionalen Menge des Radikals. Also für drei Proportionen Sauerstoff, welche sich vom Eisen trennten, sind drei Proportionen vom Radikal der Schwefelsäure mit diesem Metalle in Verbindung getreten.

62. Nicht alle electronegativen Radikale sind dem Sauerstoff oder Chlor oder dem Radikal der Schwefelsäure äquivalent. Es gibt vielmehr Radikale, deren Wasserstoffverbindungen zwei und drei Aequivalente vertretbaren Wasserstoff enthalten, und welche daher an der Stelle des letzteren mehr als ein Aequivalent eines basischen Metalls aufnehmen können. Ein Beispiel liefert uns der Phosphor, dessen gewöhnlichere Verbindungen mit den electropositiven Radikalen, wie Phosphorwasserstoff, Phosphorkalium, Phosphorcalcium, Phosphorkupfer, auf ein Mischungsgewicht Phosphor drei Mischungsgewichte des electropositiven Elementes enthalten.

Phosphorwasserstoffgas zersetzt manche Metallauflösungen, z. B. schwefelsaures Kupfer. Es ist nun klar, daß bei diesem Zersetzungsprocess für jedes Aequivalent Phosphor, welches sich mit Kupfer sättigt, drei Aequivalente Schwefelsäure gebildet werden müssen.

In die Verbindung von 1 Aeq. Phosphor und 3 Aeq. Wasserstoff können, ohne Aenderung des Sättigungsvermögens, 8 Aeq. Sauerstoff eingehen. Die hierdurch entstehende dreibasische Wasserstoffsäure ist die gewöhnliche Phosphorsäure. In den Salzen dieser Säure, in den gewöhnlichen phosphorsauren Salzen, ist bald nur 1, bald 2 Aeq., bald sämtlicher Wasserstoff der Säure durch eine correspondirende

Menge eines Metalls vertreten. Alle diese Salze lassen sich daher unter der gemeinschaftlichen Form $R + 3B$ (3 Aeq. Basis) vorstellen.

Es gibt z. B. drei phosphorsaure Natronsalze. In dem ersten kommt auf je 1 Mischungsgewicht Phosphor 1 Natrium (sogenanntes saures phosphorsaures Natron), im zweiten auf dieselbe Menge Phosphor 2 Natrium (neutrales phosphorsaures Natron), im dritten auf dieselbe Menge Phosphor 3 Natrium (das sogenannte basische Salz). So sehr nun diese drei Verbindungen hinsichtlich ihres Natriumgehaltes verschieden sind, so stehen sie doch, der Zusammensetzung nach, in gleichem Range. Das Radikal ist in allen dreien gleich vollständig gesättigt. — Das zweite Aequivalent Natrium des sogenannten neutralen Salzes kann auch durch Kalium vertreten seyn, wodurch eine Verbindung entsteht (neutrales phosphorsaures Kali - Natron), worin das Sättigungsvermögen des Salzbuilders durch 1 Aeq. Kalium, 1 Aeq. Natrium und 1 Aeq. Wasserstoff befriedigt ist.

Wenn man die Phosphorsäure bis zu 170° erhitzt oder wenn man ein phosphorsaures Salz mit 2 Aeq. fixer Basis glüht, so trennt sich 1 Aeq. Sauerstoff von dem Radikal und entweicht mit 1 Aeq. Wasserstoff als Wasser. Man erhält dadurch Verbindungen von 2 Aeq. Wasserstoff oder Metall mit einem electronegativen Radikal, das auf 1 Phosphor nur 7 Sauerstoff enthält. Es kann nicht befremden, daß mit dieser Veränderung des Radikals und seines Sättigungsvermögens auch die gebildeten Salze eine veränderte Beschaffenheit annehmen. Diese Salze sind die pyrophosphorsauren, und die betreffende Wasserstoffverbindung die Pyrophosphorsäure. Man nennt sie eine zweibasische Säure, weil sie nur zwei Aequivalente vertretbaren Wasserstoff enthält. Dieser

Wasserstoff kann ganz oder auch nur zur Hälfte durch eine fixe Basis verdrängt seyn. Seine Stelle kann auch, wie in dem pyrophosphorsauren Kali-Natron, durch zwei verschiedene Metalle, deren jedes durch 1 Aeq. repräsentirt ist, eingenommen werden. In allen Fällen lassen sich die pyrophosphorsauren Salze durch die Form $R + 2B$ vorstellen.

Die Pyrophosphorsäure, einer starken Rothglühhitze ausgesetzt, verliert noch 1 Aeq. Wasser und verwandelt sich dadurch in Metaphosphorsäure, d. h. in eine Wasserstoffsäure, welche nur 1 Aeq. Wasserstoff enthält und in deren zusammengesetztem Radikal 1 Aeq. Phosphor nur mit 6 Sauerstoff verbunden ist.

Auch diese Säure bildet Salze, welche aber sämmtlich nur 1 Aeq. Basis enthalten, weil nur 1 Aeq. vertretbaren Wasserstoffs vorhanden ist.

63. Seitdem man, zuerst durch das beschriebene Verhalten der Phosphorsäure belehrt, von der früheren Gewohnheit abgekommen ist, die Neutralsalze nothwendig als Verbindungen zu gleichen Aequivalenten ihrer näheren Bestandtheile zu betrachten, hat man besonders unter den organischen Säuren eine ziemliche Anzahl mehrbasischer Säuren aufgefunden.

So hat man allen Grund *), die Weinsäure als eine zweibasische Säure zu betrachten, deren zusammengesetztes Radikal aus 8 Aeq. Kohlenstoff, 4 Aeq. Wasserstoff und 12 Aeq. Sauerstoff besteht; damit sind 2 Aeq. vertretbarer Wasserstoff verbunden, oder Wasserstoff, der für die Constitution des Radikals nicht wesentlich ist.

Im Weinstein (saures weinsaures Kali) ist die

*) Liebig über die Constitution der organischen Säuren. Ann. d. Ph. B. 26. S. 154.

Hälfte des Wasserstoffs, im sogenannten neutralen weinsauren Kali ist aller Wasserstoff durch Kalium ersetzt. Im Seignette-Salz ist nur die Hälfte des Wasserstoffs durch Kalium, die andere Hälfte durch Natrium ausgeschieden worden.

Die Weinsäure wird beim Schmelzen in einer Temperatur, wobei sie noch keine Zersetzung erleidet, unter Verlust von Wasser in Tartrelsäure verwandelt. Die Tartrelsäure ist wie die Weinsäure zusammengesetzt, aber ihre Sättigungscapacität ist nur halb so groß. Ihr Radikal enthält daher auf 8 Kohlenstoff und 4 Wasserstoff nur 11 Sauerstoff, welche nur mit 1 Aeq. vertretbaren Wasserstoffs verbunden sind.

Die Cyanursäure *) ist eine dreibasische Säure, deren electronegatives Radikal auf 3 Aeq. Cyan und 6 Aeq. Sauerstoff 3 Aeq. vertretbaren Wasserstoff enthält. Sie bildet daher mit den fixen Basen drei verschiedene Reihen von Salzen, nämlich mit 1, 2 und 3 Aeq. fixer Basis. Im Silbersalz z. B. ist aller Wasserstoff durch eine proportionale Menge des Metalls vertreten. Von den beiden Kalisalzen enthält das erste 1 Kalium und 2 Wasserstoff, das zweite 2 Kalium und 1 Wasserstoff auf 1 Aequivalent des Salz-bilders.

Das knallsaure und cyansaure Silberoxyd haben ganz dieselbe procentische Zusammensetzung, wie das cyanursäure Silberoxyd. Aber der Charakter der electronegativen Radikale in diesen drei Verbindungen ist überaus verschieden.

Der im knallsauren Silberoxyd enthaltene Salz-bilder bildet Salze, worin entweder aller Wasserstoff der Säure oder nur die Hälfte durch eine fixe Basis

*) A. a. O. S. 145.

abgeschieden ist. Im sogenannten sauren knallsauren Silberoxyd befindet sich noch die Hälfte vom Wasserstoff der Säure; er kann durch eine proportionale Menge Silber, aber auch durch proportionale Mengen anderer Metalle, wie Natrium, Kalium, Baryum, ersetzt werden. Die Knallsäure ist mithin eine zweibasische Säure, oder 2 Aeq. Wasserstoff sind darin mit einem Radikal verbunden, das auf 2 Aeq. Cyan 4 Sauerstoff enthält.

Die Cyansäure endlich ist eine einbasische Säure, deren Radikal nur aus 1 Aeq. Cyan mit 2 Sauerstoff besteht, und nur mit 1 Aeq. Wasserstoff verbunden ist. Ihre Salze enthalten daher keinen Wasserstoff und besitzen ganz den Charakter einfacher Salze.

Als ein sehr charakteristisches Beispiel erwähnen wir noch der Mekonsäure und ihrer Salze. Die trockne Mekonsäure enthält 14 Kohlenstoff, 1 Wasserstoff, 14 Sauerstoff und endlich noch 3 Wasserstoff, welche ganz oder theilweise durch fixe Basen vertretbar sind, folglich zur Constitution des Radikals nicht gehören können.

Durch höhere Temperatur und unter der Einwirkung starker Salzsäure ändert die Mekonsäure ihre Constitution. Sie verliert 2 Aeq. Kohlensäure, und dafür geht 1 Aeq. des früher abscheidbaren Wasserstoffs in die Constitution des Radikals ein. Die neu gebildete Säure, die Komensäure, enthält daher nur 2 Proportionen vertretbaren Wasserstoff, den man in den komensauren Salzen bald nur zur Hälfte, bald ganz durch die metallischen Radikale ersetzt findet. Die Komensäure ist eine zweibasische Säure.

64. Die meisten Salzbilder besitzen die Eigenschaft, in einzelnen Fällen, die sich bald mehr, bald weniger häufig wiederholen, mit zwei electropositiven Elementen zugleich Verbindungen einzugehen, ohne

dafs man darum ihre Säuren zu den zweibasischen zählen darf. Denn diese Klasse von Verbindungen läfst sich als Verbindungen von zwei Salzen betrachten. Sie werden daher Doppelsalze genannt. Sie enthalten wenigstens zwei Aequivalente des Salzbuilders und unterscheiden sich dadurch von den Salzen der zweibasischen Säuren, in welchen nur 1 Aequivalent des Salzbuilders enthalten ist.

Schwefelsaures Zinkoxyd-Kali, Kalium-Eisencyanür sind Doppelsalze.

Ist das eine der electropositiven Elemente dieser doppelt zusammengesetzten Körper Wasserstoff, so nennt man die betreffende Verbindung ein saures Salz. — So kann das Zink im schwefelsauren Zinkoxyd-Kali, das Kalium im Kalium-Eisencyanür durch Wasserstoff vertreten seyn, und man erhält dadurch saures schwefelsaures Kali und Eisencyanwasserstoffsäure.

65. Zu den Doppelsalzen können auch die Verbindungen des Platinchlorids, Goldchlorids, Quecksilberchlorids mit den Chlorüren der alkalischen Metalle; die Verbindungen des Eisencyanids mit Eisencyanür, Kaliumcyanür u. s. f.; die Verbindungen des Eisenfluorids, Aluminiumfluorids, Berylliumfluorids mit den Fluorüren der alkalischen Metalle u. s. w. gezählt werden.

Die Constitution vieler dieser Verbindungen läfst sich aber auch von einem andern Gesichtspunkt auffassen. Man kann sie, ähnlich den Sauerstoffsalzen und Schwefelsalzen, als einfache Salze eigenthümlicher zusammengesetzter Salzbilder betrachten. In der That kann in manchen derselben das electropositive Element durch Wasserstoff ersetzt werden, und man erhält dadurch saure Salze, die ganz den Charakter eigentlicher Säuren tragen und deren Wasser-

stoff sich leicht durch proportionale Mengen basischer Oxyde abscheiden läßt.

So hat man ein chlorwasserstoffsäures Chlorgold und chlorwasserstoffsäures Chlorquecksilber, aus welchem durch Alkalien eine Proportion Wasserstoff abgeschieden werden kann. Als Säuren betrachtet, sind also diese Verbindungen den einbasischen Säuren äquivalent.

Eisencyanürwasserstoff ist nach dieser Betrachtungsweise eine zweibasische Säure; denn es sind darin auf 1 Eisen und 3 Cyan zwei Proportionen Wasserstoff enthalten, die sich durch die verschiedenen basischen Metalle verdrängen lassen.

Eisencyanidwasserstoff ist eine dreibasische Säure, weil sich darin auf 2 Eisen und 6 Cyan 3 Proportionen vertretbarer Wasserstoff vorfinden.

66. Die sauren Salze nehmen um so mehr den Charakter wirklicher Säuren an und werden um so mehr befähigt, unter Abscheidung ihres Wasserstoffs, mit verschiedenen basischen Metallen Doppelsalze zu bilden, je weiter ihr electropositives Element in der electrischen Reihe sich von dem positiven Ende entfernt. Man ist z. B. keinen Augenblick zweifelhaft, die Borfluormetalle und Kieselfluormetalle als Salze derselben Salzbilder zu betrachten, welche mit Wasserstoff die Borfluorwasserstoffsäure und Kieselfluorwasserstoffsäure erzeugen. Dagegen Fluoraluminiumkalium und Fluoreisenkalium nennt man gewöhnlich Doppelsalze, weil das Kalium in diesen Verbindungen nur durch ganz wenige andere electropositive Elemente ersetzbar ist.

67. Es gibt noch eine andere Klasse Doppelverbindungen (Doppelsalze einer Basis), welche einerlei electropositives Element, aber verschiedene electronegative Radikale enthalten. Sie sind in der Regel

so zusammengesetzt, daß man sie als weitere Verbindungen proportionaler Verbindungsstufen desselben electropositiven Elementes mit verschiedenen electronegativen Elementen ansehen darf. Z. B. Schwefelantimon verbindet sich mit der proportionalen Oxydationsstufe in der Art, daß von 3 Aeq. Antimon zwei mit Schwefel, eins mit der proportionalen Menge Sauerstoff vereinigt erscheint (Mineralkermes).

Cyanquecksilber und Quecksilberoxyd treten so zusammen, daß von 2 Aeq. Quecksilberoxyd gleichsam der Sauerstoff des einen durch ein Aequivalent Cyan vertreten ist.

Chlorblei verbindet sich sogar in mehreren Verhältnissen mit Bleioxyd, als zweifach, dreifach und siebenfach basisches Chlorblei. Mit Fluorblei vereinigt sich Chlorblei zu gleichen Proportionen.

Aehnliche Verbindungen sind die des Fluorcalciums mit schwefelsaurer Kalkerde, des Cyansilbers mit salpetersaurem Silberoxyd, des salpetersauren Quecksilberoxyduls mit Iodquecksilber.

68. Hierher gehören auch die sogenannten basischen Salze oder die Verbindungen der Neutralsalze mit den proportionalen Oxydationsstufen ihrer Metalle. Sie sind immer so zusammengesetzt, als ob in mehreren Proportionen des Neutralsalzes 1 oder 2 oder 3 oder noch mehr Aequivalente des zusammengesetzten Salzbuilders durch Sauerstoff vertreten seyen.

Beispiele: Basisch kohlensaures Kupferoxyd (Mineralgrün) ist so zusammengesetzt, daß von je zwei Aequivalenten des Kupfers das eine als kohlensaures Kupferoxyd, das andere als Kupferoxyd vorhanden ist.

Im basisch schwefelsauren Kupferoxyd finden sich drei Proportionen Metall, wovon jedoch nur eine mit dem zusammengesetzten Salzbuilder, die beiden andern

mit Sauerstoff verbunden sind. Ebenso ist das dreifach basische schwefelsaure Zink gebildet.

Vom Eisenoxyd kennt man zwei basisch schwefelsaure Salze. Im einen ist 1 Aeq. des Neutralsalzes mit 1 Aeq. Eisenoxyd verbunden; das andere enthält auf 1 Aeq. schwefelsaures Eisenoxyd 5 Aeq. Eisenoxyd.

69. Sehr viele Oxyde gehen mit dem Wasser mehr oder weniger innige Verbindungen ein (Hydrate). Diejenigen, welche bis jetzt untersucht worden sind, sind so zusammengesetzt, daß der Sauerstoff des Wassers dem der Base entweder gleich, oder, jedoch seltener, halb so groß ist. Einige verlieren ihren Wassergehalt schon bei der Hitze des kochenden Wassers, z. B. Zinnoxidul und Kupferoxydhydrat; andere erst im Glühen, wie die Hydrate der Kalk- und Talkerde; dagegen Kali, Natron, Baryt- und Strontianerde sind damit so innig verbunden, daß er ihnen selbst in der strengsten Glühhitze nicht entzogen werden kann und sie nur durch Säuren davon getrennt werden können.

Das Verhalten des Wassers in den Hydraten ähnelt dem einer Wasserstoffsäure, auch kann der Wasserstoff darin zuweilen durch andere Metalle vertreten werden. So sind Kali-Natron, Zinkoxyd-Kali dem Kalihydrat proportionale Verbindungen.

Auch sehr viele Salze (Sauerstoffsalze und Haloidsalze) nehmen Wasser auf. Viele verlieren es schon bei 100° Temperatur; andere halten es weit inniger gebunden, und es kann ihnen, ohne gänzliche Störung ihres Zusammenhangs, nur durch gewisse andere Körper, welche die Stelle des Wassers einnehmen, entzogen werden (Halhydrate). Schwefelsaures Zink und schwefelsaure Bittererde sind Halhydrate mit einem Aequivalent ersetzbaren Wassers.

Schwefelsaures Kali kann die Stelle desselben einnehmen, und man erhält dann schwefelsaures Zinkoxyd-Kali, welches sich wasserfrei darstellen läßt.

Aehnlich verhält sich die salzsaure Bittererde oder Chlormagnesium mit ersetzbarem Hydratwasser.

70. Ausserdem verbindet sich die Mehrzahl auflöslicher Säuren und Salze bei der Krystallisation aus ihren wässrigen Lösungen mit Wasser (Krystallisationswasser), dessen Menge in einem mehr oder weniger einfachen Verhältnisse zur Menge des trocknen Salzes steht und von einem zum andern verschieden ist. Eine gewisse Gesetzmässigkeit liess sich in dieser Hinsicht bis jetzt nicht entdecken, und man weis nur so viel mit Gewissheit, dass ein mit Wasser krystallisirendes Salz bei derselben Krystallform auch immer dieselbe Wassermenge enthält.

Die Atomistische Theorie.

71. In dem vorhergehenden Abschnitte ist gezeigt worden, wie die bestimmten chemischen Verbindungsverhältnisse, ungeachtet der grossen Zahl und der Mannigfaltigkeit der Körperverbindungen, gleichwohl auf einige wenige Grundgesetze zurückgeführt werden können. Diese Gesetze waren das Resultat einer sehr grossen Reihe von zuverlässigen Erfahrungen, von Thatsachen, zu welchen ausgezeichnete Chemiker aus allen Ländern Beiträge geliefert haben. Sie sind vollkommen genügend, den chemischen Proportionen eine feste und unveränderliche Grundlage zu verleihen; aber sie geben nicht die geringste Auskunft über die innere Nothwendigkeit ihres Stattfindens.

Diese rein theoretische Frage, die wir bisher ganz unberührt ließen, ist nun, nicht weniger wie ihre praktische Grundlage, der Gegenstand der eifrigsten Forschung geworden. Ihr verdanken wir hauptsächlich die Ausbildung derjenigen Ansicht über die Constitution der Materie, welche man die Corpuskular- oder atomistische Theorie nennt.

72. Die Basis dieser Theorie bildet der Satz: daß die Masse eines Körpers kein stetiges Ganzes bildet, sondern ein Aggregat ist von sehr kleinen, abgesonderten Theilen, deren Ausdehnung zwar verschwindend gering und für unsere Sinne unwahrnehmbar, deren Form, Größe und innere Beschaffenheit aber eine bestimmt gegebene und unveränderliche ist.

Diese Theile, die Massentheile oder Atome, sind mit anziehenden und abstoßenden Kräften begabt. Durch den Einfluß der ersteren suchen sie sich einander zu nähern, durch die letzteren werden sie in bald größerer, bald geringerer, für unsere Sinne stets unmeßbarer Entfernung auseinander gehalten und können niemals bis zur wirklichen Berührung gelangen.

Durch den Einfluß äußerer Kräfte kann die Wirksamkeit der inneren Kräfte der Atome verändert, verstärkt, geschwächt oder auch ganz ins Gleichgewicht gesetzt, aber niemals eigentlich aufgehoben werden, weil sie nach unserer Vorstellung einen Theil von dem unveränderlichen Wesen der Atome ausmachen.

73. Diese Vorstellung ist keineswegs eine bloß willkürliche Annahme; sie ist aus einem aufmerksamen und experimentellen Studium der Naturerscheinungen als nothwendige Folge hervorgegangen und

wird durch so zahlreiche Erfahrungen der neueren Physik gerechtfertigt, daß man gegründete Veranlassung hat, dieselbe bei der gegenwärtigen Stufe der Ausbildung der Naturwissenschaften als den einzigen sicheren Ausgangspunkt für unsere Forschungen über die physische Constitution der Körper zu betrachten.

Man machte und macht noch immer von mancher Seite der atomistischen Theorie den Vorwurf, daß sie durch die Voraussetzung unveränderlicher, also fester und untheilbarer Atome sowohl der Unendlichkeit der Natur wie dem menschlichen Verstande Fesseln anlege. Dieser Vorwurf zeigt jedoch ein gänzlich Verkennen oder Uebersehen der Richtung der neueren Naturforschung, welche zwar immer bemüht ist, durch Vergleichung und Verknüpfung der Erscheinungen Folgerungen über ihre Gesetzmäßigkeit zu ziehen und den inneren Zusammenhang derselben zu enthüllen, welche jedoch verschmäht und als eine fruchtlose Verschwendung menschlicher Geisteskräfte betrachtet, in ihren Spekulationen diejenigen Grenzen zu überschreiten, die ihr durch die Erfahrung vorgezeichnet sind.

74. Es liegt z. B. nichts Ungereimtes in der Vorstellung, daß die einfach genannten Körper nicht einfach seyen. Der Chemiker läßt aber diese Frage unberührt, weil zu einer Lösung derselben, die einige Hoffnung auf Erfolg bieten könnte, ihm bis jetzt noch die Mittel fehlen.

In gleicher Art ist eine weitere Theilbarkeit der Atome wohl denkbar. Aber Alles läßt uns vermuthen, ja leitet uns fast mit Gewissheit darauf hin, daß durch diejenigen Mittel, die uns bis jetzt zu Gebote stehen, nur eine begränzte Zertheilung der Materie, sowohl im mechanischen, wie im chemischen Sinne, bewirkt werden kann. Als brauchbare Stütze für

unsere Forschungen können wir uns mithin keine andere Ansicht bilden, als diejenige der bestimmten und unveränderlichen Atome. Wir haben nicht früher das Recht, diese Vorstellung zu verlassen, als bis durch positive Thatsachen ihre Unrichtigkeit ausser Zweifel gestellt ist, oder bis wir durch eine andere, den Verstand mehr befriedigende Theorie eine wenigstens eben so umfassende und einfache Erklärung der Erscheinungen erhalten.

In C. G. Gmelin's Einleitung in die Chemie, Abth. II. S. 487, findet sich ein sehr passendes Bild, um den Begriff der Unveränderlichkeit der Atome, so wie ihn der denkende Naturforscher auffasst, zu erläutern. Es heisst dort: Betrachtet man das Weltall mit seinen unzähligen Sonnen und Planeten als einen einzigen grossen Körper, so stellen die einzelnen Himmelskörper die Atome dieses Körpers vor, die in abgemessenen Entfernungen von einander schwebend sich erhalten. Diese Atome (Himmelskörper) sind zwar an sich nicht untheilbar, aber es gibt keine Kräfte, die von ihnen etwas Materielles loszureissen oder überhaupt ihre Grösse, Dichtigkeit und Gestalt in einem so bemerklichen Grade zu verändern vermöchten, dafs dadurch ihr Verhältnifs zu andern Himmelskörpern gestört würde. In Beziehung auf einander erscheinen daher die einzelnen Himmelskörper (die Atome des Weltalls) als untheilbar und unveränderlich.

75. Nach der atomistischen Theorie ist jeder durch seine Masse gleichartige Körper ein Aggregat gleichartiger Massentheile, mehr oder weniger fest zusammengehalten durch die von den Atomen ausgehenden anziehenden Kräfte. Er kann, so wie es uns die Erfahrung unmittelbar lehrt, durch äussere mechanisch wirkende Kräfte, wie Zerschlagen, Zerschnei-

den, Zerreiben, nur in solche gleichartige Theile zerlegt werden.

Die hierdurch erhaltenen kleinsten Theilchen können einfache Atome, d. h. die kleinsten Theile chemisch einfacher Körper, oder auch Zusammensetzungen, Nebeneinander-Lagerungen einfacher Atome von ungleichartiger Beschaffenheit seyn.

Wir erhalten hierdurch den Begriff des zusammengesetzten Atoms. Es ist die Nebeneinander-Lagerung und durch (chemisch) anziehende Kräfte bewirkte Verbindung ungleichartiger einfacher Atome.

Nur das einfache Atom ist untheilbar und unveränderlich.

Das zusammengesetzte Atom kann durch gewisse Kräfte (chemisch wirkende Kräfte), welche der gegenseitigen Anziehung der verbundenen ungleichartigen Atome das Gleichgewicht halten, in einfachere Atome zerlegt werden.

76. Wenn nun die chemischen Verbindungen Nebeneinander-Lagerungen der Atome ihrer Bestandtheile sind, so sieht man sogleich, daß die relativen Gewichte, nach welchen die chemischen Elemente ihre Verbindungen eingehen, einer relativen Anzahl ganzer Atome entsprechen müssen, oder daß jede chemische Verbindung oder vielmehr jedes Atom derselben, also jedes zusammengesetzte Atom, durch das Verhältniß der Atome der einfacheren Bestandtheile ausdrückbar ist.

77. Die atomistische Theorie gibt unmittelbar keinen Aufschluß über die Verhältnisse, nach welchen die Atome der Elemente die zusammengesetzten Atome bilden. Da wir jedoch aus Erfahrung wissen, daß überall da, wo kräftige Verwandtschaften auftreten und wo eine vollständige Ausgleichung der

gegenseitigen Anziehungen, wo Sättigung erfolgt, vorzugsweise einfache Verbindungsverhältnisse vorkommen, und da nach der atomistischen Theorie die anziehenden Kräfte von den Atomen ausgehen, so haben wir Grund, überall, wo das Gegentheil nicht erwiesen ist, die Verhältnisse, nach welchen die Atome zusammentreten, als ziemlich einfach vor auszusetzen.

Zu Folge dieser Voraussetzung, die unter den gegebenen Umständen wenigstens die bequemste und der Einfachheit aller wohlbekannten Naturgesetze entsprechendste ist, nimmt man an, daß in den zusammengesetzten Atomen vorzugsweise 1 At. des Körpers A mit 1 At. B, oder 1 A mit 2 B, oder 2 A mit 3 B u. s. w. verbunden sey. Hierdurch wird jedoch die Möglichkeit weit zusammengesetzterer Verbindungsverhältnisse keineswegs bestritten. Sie stehen nicht in Widerspruch mit der eigentlichen Grundlage der Theorie.

Der Begriff des Atoms nähert sich hierdurch dem des Mischungsgewichtes oder Aequivalentes, ohne daß es jedoch nothwendig erscheint, beide in allen Fällen als identisch zu betrachten. Es kann z. B. seyn, daß die Aequivalente der basischen Metalle oder der electronegativen Radikale zugleich das Verhältniß der Atomgewichte dieser verschiedenen Körper ausdrücken. Es widerstreitet aber keineswegs dem Sinne der Theorie, in einzelnen Fällen, wo wir überwiegende Gründe dafür zu haben glauben, zwischen Atom und Aequivalent eine relative Verschiedenheit anzunehmen.

Wir übergehen vorläufig jede Frage über die Gestalt und relative GröÙe der Atome, und bemerken nur noch, daß, so wie einmal als Princip festgestellt ist, daß die chemischen Verhältnisszahlen mit den relativen Gewichten der Atome ganz oder doch nahe

übereinstimmen müssen, es sich von selbst versteht, daß die Atome verschiedenartiger Körper ungleiche Gewichte besitzen können.

Das electrolytische Gesetz.

78. Durch die atomistische Theorie erhalten wir eine sehr klare Vorstellung von dem, was bei der Verbindung und wechselseitigen Zersetzung verschiedener Stoffe vorgeht; wir sehen deutlich und auf den ersten Blick, wodurch es möglich wird, daß die Elemente in ihren Verbindungen sich wechselseitig ausscheiden und vertreten können. Die nicht unwahrscheinliche Vorstellung, daß die chemischen Verhältnisszahlen den Gewichten der Atome proportional sind oder daß doch zwischen beiden eine sehr nahe und einfache Beziehung stattfindet, gewährt uns sogar ein Hilfsmittel, die relativen Gewichte der Atome selbst mit annähernder Bestimmtheit festzusetzen.

Jedoch über die Unveränderlichkeit und die engen Grenzen fester chemischer Verbindungen gewinnen wir aus der Vorstellung der Existenz von Atomen allein in der That nur sehr dürftige Auskunft. Die neueste Zeit hat uns auch in dieser Beziehung einen Schritt weiter geführt durch Faraday's wichtige Entdeckung der festen chemischen Zersetzung mittelst electrischer Aktion (Electrolysis).

Wir wollen zuerst einen Blick auf die Thatsache werfen, in so weit sie zum Verständniß des Gesetzes wesentlich ist.

Wenn man ein Gefäß durch eine eingesetzte poröse Masse, z. B. durch ein Stück Ochsenblase, in zwei Kammern theilt, in die eine derselben verdünnte

Schwefelsäure, in die andere eine Auflösung von Chlorkupfer oder Kupfervitriol bringt, sodann in die Säure eine Platte von gereinigtem Zink, in die Salzlösung eine Kupferplatte eintaucht und beide Metalle in Berührung setzt, so entsteht ein electrischer Strom. Dabei wird das Zink aufgelöst und an der Kupferplatte eine dem aufgelösten Zink chemisch proportionale Menge Kupfer abgesetzt. —

Die electrochemische Theorie (11), gestützt auf zahlreiche Thatsachen, gibt von diesem Verhalten folgende Erklärung: Das Zink, durch die Berührung mit Kupfer positiv-electrisch geworden, wirkt electricisch vertheilend auf die in der Schwefelsäure verbundenen Electricitäten ihres Salzbilders und des Wasserstoffs. Ersterer, angezogen, verbindet sich mit dem Zink, während der abgeschiedene und ebenfalls positiv-electrische Wasserstoff durch Wechszersetzung mit den benachbarten Partikeln der Säure eine anziehende Wirkung bis zu der porösen Wand und durch dieselbe auf den Salzbilder des Kupfersalzes fortpflanzt. Wie durch das Zink die Schwefelsäure, so wird durch den Wasserstoff das Kupfersalz zersetzt; es bildet sich Salzsäure oder Schwefelsäure, und das Kupfer, indem es in der zweiten Kammer dieselbe Rolle spielt, wie der Wasserstoff in der ersten Kammer, wird endlich an der Kupferplatte abgesetzt, während die auf ihm haftende positive Electricität sich mit der auf der Kupferplatte, durch den Contact mit Zink, erregten negativen Electricität verbindet. Da die Menge des Wasserstoffs dem aufgelösten Zink, das abgeschiedene Kupfer aber diesem Wasserstoff äquivalent seyn muß, so ergibt sich leicht das chemisch proportionale Verhältniß des abgesetzten mit dem aufgelösten Metalle.

Stellt man diesen Versuch mit verschiedenen gros-

sen Metallplatten, mit verschieden concentrirten Flüssigkeiten und unter sonst ungleichen Bedingungen an, so wird man finden, daß die Menge des Kupferniederschlags ebenfalls verschieden ausfällt; aber immer wird sich ergeben, daß die Quantität der cirkulirenden Electricität oder, wenn man will, die Kraft, womit der electrische Strom eine Magnetnadel ablenkt, proportional ist der Menge des aufgelösten Zinks oder des ausgefällten Kupfers.

Wenn man statt der porösen Haut eine Kupferplatte zwischen beide Flüssigkeiten schiebt, so kann sich die chemische Zersetzung in der eben beschriebenen Weise begreiflich nicht fortpflanzen. Vielmehr wird sich jetzt (insofern die Stärke der electrischen Kraft genügend ist) an der einen Seite der eingeschobenen oder zweiten Kupferplatte Wasserstoff entwickeln, an der andern Seite derselben Platte, nämlich in der zweiten Kammer, Kupfer auflösen. An der ersten Kupferplatte setzt sich jedoch nach wie vor Kupfer ab, dessen Menge dem entbundenen Wasserstoff sowohl, wie den aufgelösten Metallen und der ablenkenden Kraft des Stroms proportional ist.

Die Fähigkeit des Kupfers der zweiten Kupferplatte, sich mit dem Radikal des Salzes auf Unkosten des früher damit verbundenen Kupfers zu vereinigen, hängt davon ab, daß dieser Platte vom Wasserstoff positive Electricität von bestimmter Spannung (die darauf nachweisbar ist) mitgetheilt wird, und daß durch Aufnahme dieser positiven Electricität die chemisch anziehende Kraft der Platte sich steigert (13).

Es muß nun, nach den Gesetzen der in einer geschlossenen Kette cirkulirenden Electricität, sobald einmal ein bleibender electrischer Bewegungszustand eingetreten ist, die Menge von positiver Electricität, welche vom abgeschiedenen Wasserstoff auf die zweite

Kupferplatte übertragen wird und von dieser aus in die Flüssigkeit der zweiten Abtheilung des Gefäßes eindringt, genau derjenigen gleich seyn, welche das abgeschiedne Kupfer an die erste Kupferplatte absetzt, oder welche mit dem Zink in dessen Verbindung mit dem Salzbilder der Schwefelsäure eingeht und durch die negative Electricität des letzteren ins Gleichgewicht gesetzt wird. D. h. chemisch proportionale Mengen von Wasserstoff, Zink, Kupfer müssen in ihren Verbindungen mit dem Radikal der Schwefelsäure gleiche Mengen von Electricität enthalten oder in einem gleichen electrisch polaren Zustande sich befinden.

Das in dem eben beschriebnen Versuche eintretende Verhältniß des electrischen Stroms zu der Menge zersetzter Flüssigkeiten wird unter ähnlichen Umständen, nämlich überall, wo zusammengesetzte flüssige Körper in der electrischen Kette eingeschlossen sind, stets auf dieselbe Weise beobachtet. Wir werden hierdurch zu dem Schlusse genöthigt, daß diejenigen Gewichte electropositiver Elemente, welche einander in ihren Verbindungen mit einem electronegativen Radikale vertreten können, in diesen Verbindungen sämmtlich eine gleiche Menge positiver Electricität enthalten, und daß diejenigen Gewichte einfacher oder zusammengesetzter Salzbilder, welche einander in ihren Verbindungen mit Wasserstoff oder Kalium u. s. w. vertreten können, in diesen Verbindungen sämmtlich eine gleiche Menge negativer Electricität enthalten, welche der Electricität des electropositiven Radikals genau das Gleichgewicht hält.

Wenn wir nun auch nicht mit Bestimmtheit nachzuweisen vermögen, daß diese entgegengesetzten Electricitäten der Bestandtheile einer Verbindung durch ihre gegenseitige Bindung die einzige Ursache

des chemischen Zusammenhangs ausmachen; so wissen wir doch aus der electrochemischen Theorie, daß der Gegensatz der chemischen Anziehung zweier Stoffe in ihrer Verbindung mit dem Gegensatze ihrer electrischen Zustände gleichen Schritt hält, oder daß beide polare Zustände proportional sind.

Wir finden demnach einen näheren Grund der gegenseitigen Vertretung verschiedener Körper nach ihren Aequivalenten darin, daß die Aequivalente gerade diejenigen relativen Gewichte der Stoffe bezeichnen, welche durch Berührung mit einem und demselben Radikal eine gleich starke und der des Radikals entgegengesetzte electrische Polarität annehmen.

Diese chemisch und electrisch gleichwerthigen Gewichte verschiedener Stoffe können zugleich auch das Verhältniß der Atomgewichte ausdrücken, aber es ergibt sich dies nicht als nothwendige Folge aus der Theorie.

Es ist merkwürdig und höchst bezeichnend für die Allgemeinheit der chemischen Proportionen als Naturgesetz, daß auch die Wirkungen anderer Naturkräfte, wenn sie sich als Eigenschaften bestimmter Körperzustände ausprägen, wie Volum, Dichtigkeit, Wärmecapacität, zu ähnlichen bestimmten Beziehungen zwischen der Materie verschiedener Stoffe führen, wie diejenigen, welche wir bisher betrachteten.

Beziehungen des Volums und des specifischen Gewichtes der Körper im Gas- oder Dampf-Zustande zu ihren Verbindungsverhältnissen.

79. Wenn sich die Bestandtheile einer chemischen Verbindung in Gasform darstellen lassen, so bemerkt man stets, daß die Räume, welche von diesen Gasen ausgefüllt werden, ein einfaches Zahlenverhältniß bilden. Z. B. 1 Volumen Sauerstoff verbindet sich mit 2 Vol. Wasserstoff zu Wasser. Gleiche Volumina Chlorgas und Wasserstoffgas bilden Salzsäure. Aus 1 Vol. Stickstoff mit 3 Vol. Wasserstoff ist Ammoniak zusammengesetzt. Die gasförmigen Bestandtheile der verschiedenen Oxydationsstufen des Stickstoffs stehen in den Volumsverhältnissen von 2 Vol. Stickstoff zu 1 Vol. Sauerstoff, von 2:2, von 2:3, von 2:4 und von 2:5. Gleiche Masse salzsaures und Ammoniak-Gas erzeugen Salmiak u. s. w.

Diese merkwürdige Beobachtung ist zuerst von Gay-Lüssac bei den permanenten Gasen gemacht worden. In neuerer Zeit hat man Mittel gefunden, eine große Menge einfacher und zusammengesetzter Körper in Dampfform zu wiegen, und man hat dadurch die Ueberzeugung gewonnen, daß ähnliche einfache Beziehungen des elastisch flüssigen Zustandes zu den Verbindungsverhältnissen auch bei solchen Stoffen, die bei gewöhnlicher Temperatur nicht gasförmig erscheinen, eintreten. So fand man, daß 1 Vol. Bromdampf und 1 Vol. Wasserstoff die Bromwasserstoffsäure bilden; daß die schweflige Säure aus $\frac{1}{3}$ Vol. Schwefeldampf mit 2 Vol. Sauerstoff, die Unterschwefelsäure aus $\frac{2}{3}$ Vol. Schwefeldampf mit 5 Vol. Sauerstoff, die Schwefelsäure aus $\frac{1}{3}$ Vol. Schwefel-

dampf mit 3 Vol. Sauerstoff zusammengesetzt ist. Man fand, daß gleiche Vol. des Dampfes von wasserfreier Schwefelsäure und von Wasser sich zu concentrirter Schwefelsäure vereinigen u. s. w.

Man hat diese einfachen Relationen der Raums- und Verbindungsverhältnisse der Gase zu gleicher Zeit aus dem Verhalten der Körper gegen die Wärme und aus der atomistischen Theorie zu erklären gesucht; man sagt:

Die Ausdehnung fester und flüssiger Körper ist eine Funktion ihrer Wärmeaufnahme und der gegenseitigen Anziehung der Atome. Diese Anziehung ist zwischen den gleichartigen Atomen eines Körpers nicht dieselbe, wie zwischen den gleichartigen Atomen eines andern Körpers. Verschiedene Körper werden sich daher bei gleichen Temperaturveränderungen ungleich ausdehnen müssen. In den Gasen sind die Atome so weit von einander entfernt, daß der Einfluss ihrer gegenseitigen Anziehung verschwindet. Daher ist die Ausdehnung der Gase bei unverändertem Drucke einfach von der Wärmeaufnahme abhängig und für gleiche Temperaturdifferenzen bei allen gleich. Wenn man nun annimmt, daß die einfachen Atome bei gleicher Temperatur sämtlich eine gleiche Quantität Wärme enthalten, und dem zu Folge eine gleiche abstossende Kraft ausüben; so muß von dem Augenblicke an, wo die gegenseitige Anziehung der Atome eines Körpers aufhört, wo sie die Gasform angenommen haben, also einen (bei unveränderlichem äusseren Drucke) nur von der Temperatur abhängigen und für jedes beliebige einfache Atom gleichen Druck gegen einander ausüben, in einem gegebenen Raume bei gleicher Temperatur und gleichem Luftdrucke stets eine gleiche Anzahl Atome enthalten seyn, so verschieden

übrigens Form, Grösse und sonstige Beschaffenheit derselben seyn mag.

Das Verhältniß des räumlichen Inhalts zweier Gasmengen, bei gleicher Temperatur und gleichem Drucke, ist also zugleich das Verhältniß der Anzahl Atome, welche in jedem dieser Räume enthalten sind. Oder wenn wir z. B. gefunden haben, daß 2 Vol. Wasserstoff mit 1 Vol. Sauerstoffgas sich zu Wasser verbinden, so wissen wir eben durch diese Erfahrung, daß im Wasser auf je 2 Atome Wasserstoff 1 Atom Sauerstoff enthalten ist.

Wenn wir ferner die Dichtigkeit der einfachen Stoffe im Gas- oder Dampf-Zustand und unter gleichen Umständen bestimmen, so drückt das Verhältniß dieser specifischen Gewichte zugleich dasjenige der Atomgewichte aus.

Von den folgenden einfachen Körpern kennt man bis jetzt die Dichtigkeit ihres elastisch flüssigen Zustandes:

	Dichtigkeit		Aequivalent	Verhältniß des Atoms zum Aequiv
Atmosphär. Luft . . .	1			
Sauerstoff	1,1026	100	100	1
Wasserstoff	0,0688	6,2398	12,478	2
Stickstoff	0,9760	88,516	177,032	2
Chlor	2,4403	221,325	442,650	2
Brom	5,3934	489,153	978,306	2
Jod	8,7011	789,750	1579,500	2
Fluor	1,2890	116,900	233,800	2
Schwefel	6,6540	603,495	201,310	$\frac{1}{3}$
Phosphor	4,3273	392,310	392,310	1
Arsenik	10,3650	940,084	940,084	1
Kohle	0,8428	76,437	76,437	1
Quecksilber	6,9780	632,911	1265,822	2

Wird die Dichtigkeit dieser verschiedenen elastisch-flüssigen Körper auf die des Sauerstoffs zu 100 bezogen, und nennt man 100 zugleich das relative

Atomgewicht des Sauerstoffs, so bezeichnen die Zahlen der dritten Spalte zugleich die Dichtigkeiten und Atomgewichte dieser Körper. (Volumtheorie).

80. Das Mittel, welches wir hier anwendeten, um die relativen Gewichte der Atome einiger Körper zu bestimmen gründet, sich auf eine Hypothese. Es wurde die keineswegs erwiesene Voraussetzung gemacht, dass die einfachen Atome im Gaszustande bei gleicher Temperatur gleichviel Wärme enthalten. Diese Vorstellung ist einfach; sie hat eben so viel Wahrscheinlichkeit für sich, als die Annahme einer Uebereinstimmung der Atome mit den Aequivalenten. In der That führen beide Hypothesen, wie man aus der Tabelle ersieht, nahe zu demselben Resultate. Die Uebereinstimmung ist jedoch nicht vollkommen; in mehreren Fällen ist das Aequivalent noch einmal so groß als die der Dichtigkeit desselben Gases entsprechende Zahl. Beim Schwefel ist die Dichtigkeit dreimal größer als das Aequivalent.

Bei der Bestimmung der chemischen Verhältnisszahl des Wasserstoffs sind wir von der sehr einfachen und allerdings natürlichsten, im Ganzen aber doch willkürlichen Annahme ausgegangen, dass das Wasser aus gleichen Proportionen seiner Elemente zusammengesetzt sey. Diese Annahme hat man jedoch verlassen, um die chemischen Verhältnisszahlen in bessere Uebereinstimmung mit den vom specifischen Gewichte der Gase abgeleiteten Atomgewichten zu bringen. Man sagt demgemäss: das Wasser ist aus 2 Mischungsgewichten oder Atomen Wasserstoff auf 1 Sauerstoff zusammengesetzt. Aus demselben Grunde nimmt man an, dass die Aequivalente, oder dass diejenigen Mengen von Chlor, Brom, Iod, Fluor, welche dem Wasserstoff gegenüber 1 Mischungsgewicht oder Atom Sauerstoff vertreten können, aus je 2 Mi-

schungsgewichten oder Atomen dieser Stoffe gebildet seyen.

Ganz aus demselben Grunde müßte man, um die wahre Verhältnisszahl des Schwefels zu ermitteln, sein Aequivalent verdreifachen; d. h. man müßte annehmen: um ein Mischungsgewicht Schwefel zu vertreten, sind allemal 3 Sauerstoff oder 6 Chlor etc. erforderlich. Diese, obschon ganz consequente, Voraussetzung hat man jedoch nicht gemacht, weil sie bei einem Körper, der so zahlreiche Verbindungen eingeht, wie der Schwefel, große Unbequemlichkeiten, sowohl in dem Ueberblick der Zusammensetzungen, als auch in den Rechnungen herbeigeführt haben würde. Man ist deßhalb übereingekommen, das Aequivalent des Schwefels zugleich als den wahren Ausdruck seines Atomgewichtes zu betrachten.

Es ist denkbar, daß es noch viele andere Körper geben kann, deren Dichtigkeit im elastisch-flüssigen Zustand, als Ausgangspunct zur Ermittlung ihres Mischungsgewichtes gewählt, zu ähnlichen, wo nicht grössern Verwicklungen führen würde, als beim Schwefel. Man ist durch diese Betrachtung zur Einsicht gekommen, daß die Kenntniß der specifischen Gewichte der Gase und Dämpfe zur Feststellung der chemischen Verhältnisszahlen keinen sichern Halt-punct und also den Nutzen nicht gewährt, den man sich früher davon versprochen hatte.

Wenn man dessenungeachtet fortfährt, sich des Wortes Atom oder Atomgewicht als gleichbedeutend mit Mischungsgewicht zu bedienen, ohne darauf Rücksicht zu nehmen, ob die dafür gewählte Zahl nach den Grundsätzen der Volumtheorie oder auf andere Weise bestimmt ist; so muß man den Grund nicht darin suchen, weil die Hypothese, worauf die Ableitung der Atomgewichte aus den Dichtigkeiten

der Gase beruht, jetzt, da sie den Zwecken des Chemikers weniger entspricht, auch weniger haltbar sey, sondern nur darin, weil diese Hypothese nicht die einzig wahrscheinliche oder mögliche ist.

Wenn die Verbindung zweier Gase wieder gasförmig darstellbar ist, so findet man, daß das Volumen der Verbindung mit denjenigen der Bestandtheile in einem einfachen Verhältnisse steht. Können sich zusammengesetzte Gase mit einander chemisch vereinigen, so geschieht es nach ähnlichen Verhältnissen wie bei den einfachen Gasen. Dieses Verhalten kann nach dem, was wir von den einfachen Gasen wissen, nicht mehr auffallen und hängt wahrscheinlich mit derselben Ursache zusammen. Ein näherer Nachweis dieses Zusammenhangs ist jedoch bis jetzt von Niemand, selbst nicht auf dem Wege der Hypothese, versucht worden.

Die Thatsache selbst ist nichts desto weniger von großem Interesse und bietet häufig eine vortreffliche Controlle bei chemischen Untersuchungen. Wir werden darauf zurückkommen.

Wärmecapacität der Atome.

81. Die Volumtheorie ist auf die Annahme gegründet, daß die Atome einfacher Stoffe im Gaszustande und unter sonst gleichen Umständen einerlei Wärmemenge enthalten, woraus denn als nothwendige Folge hervorgeht, daß gleiche Volume einfacher Gase eine gleiche Anzahl Atome und gleichviel Wärme enthalten müssen. Dieser Schluß ist wenigstens für einige Gase direkt bestätigt worden. Dulong hat die

Wärme, welche mehrere Gase für gleiche Temperaturdifferenzen aufnehmen oder abgeben, ihre Wärmecapacität, durch Versuche ermittelt und hat gefunden, daß dieselbe für Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff gleich ist, während die zusammengesetzten gasförmigen Körper sehr bemerkbare Verschiedenheiten zeigen.

Wenn es nun gestattet ist, aus zwei Gasen von so überaus verschiedener Beschaffenheit, wie Sauerstoff und Wasserstoff, auf die gasförmigen Körper überhaupt zu schließen; so gelangt man allerdings zu der Annahme, daß gleiche Volumina der einfachen Stoffe im elastisch-flüssigen Zustande von derselben Menge Wärme durchdrungen sind und somit auch eine gleiche Anzahl Atome enthalten.

Bei Versuchen über die Wärmecapacität fester und flüssiger Körper kann man nicht mit derselben Wahrscheinlichkeit wie bei den Gasen erwarten, den reinen Effect der Wärme zu erhalten, d. h. denjenigen Effect, der unabhängig von dem Einflusse der Molekularkräfte zum Vorschein kommen würde. Ein wahrscheinlicher Schluß von dem, was man bei den Gasen wahrgenommen hat, auf dasjenige was bei den andern Körperzuständen eintreten wird, ist daher nicht statthaft. Dulong und Petit haben jedoch durch sehr zuverlässige Versuche, die später von andern Naturforschern noch etwas weiter ausgedehnt worden sind, bewiesen, daß auch die Wärmecapacität fester Körper, wenn sie nur unter möglichst gleichen Bedingungen, insbesondere für dieselben Temperaturdifferenzen, aufgesucht wird, in einer bestimmten Beziehung zu ihren Atomgewichten steht.

Die folgende Tabelle gibt eine Uebersicht der in dieser Hinsicht bis jetzt gewonnenen Resultate. Die zweite Spalte enthält die specifischen Wärmen

gleicher Gewichte der nebenbemerkten einfachen Stoffe, bezogen auf die des Wassers = 1000. Diese Zahlen, mit den Aequivalenten derselben Stoffe multiplicirt, geben die Wärmecapacität der Aequivalente, welche in der vierten Spalte enthalten sind. Endlich zeigt die fünfte Spalte die aus der vierten abgeleiteten Beziehungen der Wärmecapacitäten zu den Aequivalenten.

Einfache Körper.	Spec. Wärme des Wassers = 1000.	Aequivalente.	Wärmecapacität der Aequivalente.	Wärmecapacität von 1 Aeq. Schwefel = 1.
Schwefel	188	201	37788	1
Platin	31,4	1234	38747	1
Gold	29,8	2486	74083	2
Silber	55,7	1352	75306	2
Quecksilber	33,0	1266	41778	1
Zinn.....	51,4	735	37779	1
Kupfer.....	94,9	396	37580	1
Blei	29,3	1295	37928	1
Zink	92,7	403	37358	1
Nickel	103,5	370	38295	1
Eisen	110,0	339	37290	1
Wismuth	28,8	887	25546	$\frac{2}{3}$
Kobalt	149,8	369	55276	$1\frac{1}{2}$
Tellur	91,2	802	73142	2
Phosphor.....	385,0	392	15092	$\frac{2}{5}$
Arsenik	81,0	940	76140	2
Iod.....	89,0	1580	14062	$\frac{2}{5}$
Kohle	250,0	76,4	76140	2

Man sieht aus der letzten Spalte dieser Tabelle, daß die Aequivalente einer Anzahl Körper für dieselben Temperaturunterschiede gleiche Wärmemengen aufnehmen. Dulong und Petit wurden hierdurch zu dem Schlusse veranlaßt, daß die Atome der einfachen Körper auch im festen Zustande gleiche Wärmecapacität besitzen. Diese Hypothese führt gerade nicht zu Widersprüchen in sich selbst. Läßt man sie jedoch gelten, so können die aus der Volumtheo-

rie abgeleiteten Atomgewichte (wie man aus einer Vergleichung beider Tabellen leicht übersehen wird) nicht mehr der wahre Ausdruck derselben seyn, und doch gehen beide Ansichten von derselben Grundlage aus.

82. Wir haben jetzt drei verschiedene Methoden kennen gelernt, das relative Verhältniß der Atomgewichte festzusetzen. Jede derselben hat einige Wahrscheinlichkeiten für sich; allein wir haben in der That keinen Grund, die eine unbedingt der andern vorzuziehen. Die physikalischen Hülfsmittel, die bei der Ausführung dieser Methoden in Anspruch genommen werden, sind sehr verschieden. Dessenungeachtet zeigen die gewonnenen Resultate eine unverkennbare Beziehung zu einander. In vielen Fällen finden wir sogar vollkommene Uebereinstimmung, dagegen in mehreren auch wesentliche Verschiedenheiten.

Wenn wir demnach jetzt mit Gewissheit annehmen dürfen, daß das Atomgewicht eines jeden einfachen Stoffes sowohl zu seiner Wärmeaufnahme, wie zu seinem chemischen Verhältnißgewichte in einer bestimmten und einfachen Beziehung steht, so vermögen wir doch keineswegs mit gleicher Sicherheit den wahren Ausdruck für das relative Atomgewicht selbst ausfindig zu machen. Nur soviel ist außer Zweifel gesetzt, daß die Aequivalente der einfachen Stoffe, wenn sie nicht den Atomen selbst gleich sind, entweder die Hälfte oder das Zweifache oder Dreifache vom Gewichte derselben betragen, oder sonst in einem einfachen Zahlenverhältnisse zu denselben stehen.

Volum des Atoms.

83. Man hat lange Zeit geglaubt, daß die Atome aller einfachen Stoffe von gleicher Gröfse und kugelförmig seyen. Diese Vorstellung, welche weder durch Thatsachen unterstützt war, noch als nothwendige Grundlage irgend einer Theorie einigen Werth hatte, ist neuerdings von Dr. Kopp*) auf unzweifelhafte Weise widerlegt worden.

Wenn man erwägt, daß feste und flüssige Körper, so lange sie sich in diesen Zuständen erhalten, durch Contraktion während ihrer Verbindungen, so wie durch die beträchtlichsten Einwirkungen von Wärme und Druck, verhältnißmässig doch nur unbedeutliche Aenderungen ihres Volums erfahren, so wird man zu dem Schlusse berechtigt, daß der scheinbare Raum einer homogenen festen oder flüssigen Masse bei weitem dem gröfseren Theil nach mit wirklicher Materie ausgefüllt ist. Das specifische Gewicht eines Körpers kann demnach vom specifischen Gewichte seines Atoms nicht sehr bedeutend abweichen und wir müssen einen annähernd wahren Ausdruck für das Volum des Atoms erhalten, indem wir das Atomgewicht eines Körpers durch sein specifisches Gewicht oder das Gewicht eines Maasses desselben dividiren. Betrachtet man das Aequivalent eines Körpers als sein Atom, so gelangt man unter andern zu den folgenden Resultaten.

	Spec. Gew.	Atom.	Atomvolum.
Schwefel	2,00	201,16	100,7
Selen	4,32	494,6	114,6
Chlor	1,33	221,2	167
Brom	2,97	489,1	165

*) Ann. d. Chemie u. Pharm. B. 36. S. 1.

	Spec. Gew.	Atom.	Atomvolum.
Iod	4,95	790,5	160
Gold	19,26	2486,0	129,2
Silber	10,43	1351,6	129,7
Titan	5,28	303,3	57,5
Zinn	7,29	735,3	100,9
Eisen	7,79	339,2	42,5
Mangan	8,03	355,7	43,1
Nickel	8,66	369,7	42,7
Kobalt	8,51	369,0	42,7
Kupfer	8,9	395,7	44,4
Zink	6,92	403,2	58,3
Natrium	0,972	290,9	299,3
Kalium	0,865	490,0	566,4

Man sieht hieraus, daß erstens die Aequivalente verschiedener einfacher Stoffe gewiß nicht gleichen Umfang haben. — Das Verhältniß der Aequivalentgewichte ist nun freilich nicht mit Bestimmtheit als das der Atomgewichte anzusehen. Aber bei Körpern von so analogem chemischem Verhalten, wie Kalium, Natrium, Zink, Mangan, oder wie Schwefel und Chlor, sollte man wenigstens auf eine sehr nahe Beziehung zwischen Aequivalent und Atom schließen dürfen. Selbst diese läßt sich aus den gefundenen Volumen der Aequivalente im Allgemeinen nicht folgern. Es ist daher nicht denkbar, daß die Atome aller einfachen Stoffe einerlei Volum besitzen.

Für einzelne Gruppen von Körpern scheint es aber allerdings der Fall zu seyn: wie für Schwefel und Selen; Chlor, Brom, Iod; Gold und Silber; Eisen, Mangan, Nickel, Kobalt, Kupfer.

Bei andern Gruppen stehen die Atomvolumen in einem einfachen Zahlenverhältnisse, wie bei Titan und Zinn; Kalium und Natrium.

Kopp hat diese interessanten Untersuchungen

auch auf zusammengesetzte Körper ausgedehnt. Einfache Stoffe, deren Atomvolume gleich sind, können auch in ihren proportionalen Verbindungen gleiche Atomvolume besitzen. So verhält sich z. B. Molybdän und Wolfram einerseits, Molybdänsäure und Wolframsäure andererseits. Dieses Verhalten drückt jedoch kein allgemeines Gesetz aus; denn viele Körper zeigen etwas ganz Anderes; z. B. Baryt und Strontianerde haben sehr verschiedene Atomvolume, während die ihrer Metalle gleich sind. Thonerde, Eisenoxyd, Chromoxyd haben gleiches Atomvolum, ungeachtet die Atomvolume ihrer Metalle sehr verschieden sind. Eben so sind die Atomvolume des Titans und Zinns verschieden, ungeachtet ihre proportionalen Verbindungen, das Zinnoxid und Titanoxid, einerlei Atomvolum besitzen.

Aehnliche Verhältnisse ergeben sich aus der Betrachtung noch mehr zusammengesetzter Körper. Z. B. die Verbindungen des Kupfers, Zinks und Magnesiums mit Schwefelsäure haben einerlei Atomvolum, obschon die Atomvolume dieser Metalle sehr verschieden sind.

Man sieht hieraus, daß durch die besondere Anordnung oder Gruppierung der Atome in zusammengesetzten Körpern Analogieen herbeigeführt werden können, welche die Elemente nicht besitzen, und daß gleichgeformte zusammengesetzte Atome keineswegs ein ganz sicherer Beleg dafür sind, daß auch die ungleichartigen Elemente dieser Zusammensetzungen einerlei Gestalt besitzen.

Das Zusammensetzungsverhältniß chemischer Verbindungen abhängig von ihrer Krystallform. Isomorphie.

84. Es gibt viele Gruppen krystallisirter Verbindungen, in welchen irgend einer der Bestandtheile durch einen andern Stoff ersetzt werden kann, ohne daß die Krystallform geändert wird.

Beispiele. Im gewöhnlichen Alaun ist Schwefelsäure, Thonerde, Kali und Wasser enthalten. Die Thonerde kann ganz oder theilweise durch Eisenoxyd, Manganoxyd und Chromoxyd vertreten werden, ohne daß das Verhältniß der übrigen Bestandtheile, noch die Krystallform die allgeringste Aenderung erleidet. Ja derselbe Krystall kann zugleich von diesen verschiedenen Oxyden enthalten.

Man kennt kein krystallisirtes Salz der Schwefelsäure, in welchem der Schwefel nicht vollständig durch Selen ersetzt werden könnte. Die neutralen chromsauren und mangansauren Salze krystallisiren ebenfalls wie die entsprechenden schwefelsauren Salze.

Für jedes phosphorsaure Salz gibt es ein arseniksaures von genau gleicher Krystallgestalt und Zusammensetzung.

Die Verbindungen des Baryts, Strontians und Bleioxyds mit Schwefelsäure zeigen dieselben Krystallgestalten.

Schwefelsaures Kali und schwefelsaures Ammoniak bilden mit den schwefelsauren Verbindungen des Magnesiums, Kupfers, Eisens, Mangans, Kobalts, Nickels, Zinks, Kadmiums, Doppelsalze, welche mit gleichem Wassergehalte und in einerlei Form krystallisiren.

Mitscherlich, der diese merkwürdigen Beziehungen, wenn auch nicht zuerst beobachtete, doch

zuerst einer sorgfältigen Untersuchung unterwarf, und dieselben auf zahlreiche Körpergruppen ausdehnte, wurde durch seine Arbeiten zu dem nothwendigen Schlusse geleitet, daß diejenigen Quantitäten verschiedener Stoffe, welche mit einerlei Mengen eines andern oder mehrerer anderer Stoffe Verbindungen von einerlei Krystallform hervorbringen, ebenfalls einerlei Form besitzen müssen. Daher der Name Isomorphismus.

Z. B. die Aequivalente von Thonerde, Eisenoxyd, Manganoxyd, Chromoxyd müssen gleichgeformt seyn. Diese Körper sind isomorph.

Folgt hieraus, daß auch die Atome dieser Körper gleich gestaltet sind?

Bei manchen isomorphen Körpern, wie bei Schwefel und Selen, bei Baryum, Strontium und Blei, wird die Identität zwischen Aequivalent und Atom von keinem Chemiker bezweifelt. Verschiedene Gründe würden dafür sprechen, selbst wenn diese Körper nicht isomorph wären.

Von einigen Körpern, welche isomorph sind, weiß man nicht mit gleicher Wahrscheinlichkeit, daß die einander in ihren isomorphen Verbindungen ersetzenden Mengen derselben einer gleichen Anzahl Atome zugehören. Der Analogie gemäß nimmt man aber an, daß isomorphe Gewichtsmengen zweier Körper stets einer gleichen Anzahl Atome entsprechen, und daß isomorphe Verbindungen proportional zusammengesetzt sind.

Haben wir z. B. Gründe für uns, eine gewisse Gewichtsmenge Eisenoxyd als das relative Atomgewicht des Eisenoxyds anzusehen, so muß die äquivalente Gewichtsmenge Thonerde das Atomgewicht der

Thonerde seyn. Man weiß gewiß, daß im Eisenoxyd auf 2 Aequivalente Eisen 3 Sauerstoff enthalten sind. Ueber das Zusammensetzungsverhältniß der Thonerde ist man in Ungewissheit, weil sie die einzige Oxydationsstufe des Aluminiums ist und auch aus andern Verbindungen dieses letztern kein zuverlässiges Urtheil über seine wahre Verhältnißzahl gezogen werden kann; da aber die Thonerde mit dem Eisenoxyd isomorph ist, so muß sie, wie dieses, auf 2 Aequ. Aluminium 3 Sauerstoff enthalten.

85. Die Chemiker betrachten gegenwärtig den Isomorphismus als den sichersten Führer zur Ermittlung des wahren relativen Zusammensetzungsverhältnisses der Körper. Sie halten diejenigen Gewichtsmengen der Elemente, welche man nach den Grundsätzen der Isomorphie als ihre Atomgewichte gefunden hat, unbedingt für die wahren relativen Atomgewichte.

Die Isomorphie behauptet also jetzt unter den Mitteln zur Bestimmung der chemischen Verhältnißzahlen denselben Rang, wie früher die Volumtheorie.

Neuerdings sind indessen in Beziehung auf die Unfehlbarkeit der Isomorphie bei Festsetzung der Atomgewichte sehr erhebliche Zweifel angeregt worden. Kopp hat nämlich in der schon erwähnten Arbeit gezeigt, daß manche isomorphen Körper ganz verschiedene Atomvolumen besitzen, und hat dadurch, wie es scheint, unwiderleglich bewiesen, daß die Atome dieser Körper, wenn auch gleiche Gestalt, jedenfalls nicht gleiche Größe besitzen.

Z. B. Titansäure und Zinnoxid sind isomorph. Beide Oxyde müssen also analog zusammengesetzt seyn, nämlich (wie sich aus andern Beziehungen des Zinns ergibt) auf 1 Atom Metall 2 Sauerstoff enthalten. Die Atome des Zinns und Titans sollten dem-

nach ebenfalls gleiche Grösse besitzen; aber das Atomvolum des Titans ist in der That nur halb so groß als das des Zinns.

Schwefelsäure, Chromsäure, Mangansäure sind isomorph. Man schließt hieraus auf eine ähnliche Zusammensetzung dieser Körper, man schließt weiter, daß die Mengen von Schwefel, Chrom, Mangan, welche einander in den Neutralsalzen jener Säuren vertreten können, ebenfalls gleichgestaltet sind und einer gleichen Anzahl von Atomen entsprechen. Aber die Atomvolumen dieser drei einfachen Stoffe sind durchaus verschieden. Die Aehnlichkeit in der Form kann also erst durch die Verbindung mit Sauerstoff hervorgebracht worden seyn.

Diese und ähnliche Thatsachen führen zur Ueberzeugung, daß die Atomgewichte nach den Grundsätzen der Isomorphie mit absoluter Sicherheit eben so wenig ausgemittelt werden können, als dieß mit Zuhülfeziehung irgend eines andern bis jetzt bekannten physikalischen Gesetzes möglich ist.

Bestimmung der chemischen Verhältnisszahlen oder der Atomgewichte der Körper.

86. Wenn man den chemischen Mischungsvertheilen keine andere Bedeutung unterlegt, als die: bequemer Anhaltspunkte für die Rechnung, zu welchen uns die Erfahrung leitet; so bedarf man zur Bestimmung derselben nichts andres, als eine Anzahl sehr genauer Analysen. Sind außerdem die relativen Verhältnisse bekannt, in welchen diese

Mischungswerthe in den verschiedenen Verbindungen zusammentreten, so fehlt nichts Wesentliches, um uns einen leichten und sichern Ueberblick der Verbindungsverhältnisse zu verschaffen. Wir wissen z. B. daß im Eisenoxyd 2 Proport. Eisen mit 3 Sauerstoff verbunden sind; der Mischungswerth des Eisens ist 339, der des Sauerstoffs 100, so erfahren wir durch eine einfache Addition, daß das Eisenoxyd aus 678 Gewichtstheilen Eisen auf 300 Sauerstoff zusammengesetzt ist. Zahllose Angaben für die procentische Zusammensetzung der Körper sind auf diese Weise entbehrlich gemacht, die Rechnungen werden ungemain vereinfacht und abgekürzt. Der ausübende Chemiker bedarf nichts weiter.

Wirklich begnügen sich viele Chemiker mit einer rein empirischen Bestimmung der chemischen Verhältnisszahlen.

87. Der Chemiker als Naturforscher hat sich ein höheres Ziel vorgesteckt. Seine Aufgabe ist: die relativen Gewichte der Atome selbst zu ermitteln und sich auf diesem Wege eine Einsicht in die innere Constitution der Körper zu verschaffen.

Die chemische Zusammensetzung der Körper ist jedoch nur ein, wenn schon allerdings das umfassendste Hülfsmittel zur Erreichung dieses Zwecks. Analogieen des übrigen chemischen Verhaltens, so wie die physikalischen Eigenschaften der Atome, so weit sie bekannt sind, können in vielen Fällen gleich wichtige Anhaltspunkte für die atomistische Zusammensetzung der Körper werden. Der Naturforscher muß daher alle Wahrscheinlichkeiten erwägen, welche irgend geeignet seyn können, hierüber Aufschlüsse zu gewähren.

Allerdings wird hierdurch die Bestimmung der Verhältnisszahlen weit schwieriger und verwickelter;

aber einmal auf unzweifelhafte Weise festgestellt, haben die von diesem allgemeineren Gesichtspunkt aus ermittelten Werthe den grossen Vorzug, nicht nur dem Verstande eine höhere Befriedigung zu gewähren, sondern sie leiten uns auch zu richtigern Vorstellungen über die Constitution der Körper, und sind für alle Zeiten unveränderlich.

Gegenwärtig dürfen wir uns freilich noch nicht schmeicheln, dieses Ziel erreicht zu haben, und können mit voller Sicherheit nur so viel behaupten, daß unsere Atomgewichte bequeme und mit den Analogieen des ganzen chemischen Verhaltens der Körper meistens wohl übereinstimmende Ausdrücke sind für diejenigen relativen Gewichte, nach welchen die Elemente ihre Verbindungen eingehen.

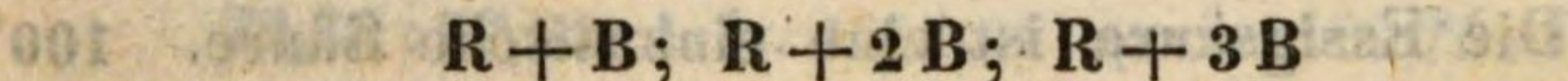
88. Man hat Gründe zu der Annahme (77), daß die chemischen Verhältniszahlen, als Ergebnisse rein chemischer Untersuchungen, mit den relativen Atomgewichten entweder zusammenfallen oder in einem einfachen Zahlenverhältnisse zu denselben stehen.

Das natürlichste und, zumal vom chemischen Standpunkte aus, das angemessenste Verfahren zur Ausmittlung der Atomgewichte wird also darin bestehen, daß wir zuerst diejenigen Mengen verschiedener Körper aufsuchen, welche einander in ihren Verbindungen vertreten können. Wir wollen alsdann diejenigen Fälle insbesondere ins Auge fassen, wo man Gründe hat, die so gefundenen Werthe nicht als Ausdrücke für die Atome selbst zu betrachten.

89. Bei weitem die grössere Zahl vorkommender, und gerade die wichtigsten Körperverbindungen, lassen sich als Verbindungen electronegativer Radikale (einfacher oder zusammengesetzter) mit Wasserstoff und den Metallen ansehen. Es ist aufs bestimmteste bewiesen, daß diese Radikale den vertretbaren

Wasserstoff entweder zu 1, 2 oder 3 Proportionen aufnehmen; d. h. dafs sie damit die 1, 2 oder 3 basischen Säuren erzeugen; ferner, dafs in diesen Säuren der Wasserstoff bald ganz, bald nur theilweise durch Metalle vertreten wird.

Alle hierher gehörigen Verbindungen können durch die 3 Formeln:



vorgestellt werden; wo R das Radikal, B das Mischungsgewicht des electropositiven Bestandtheils bedeutet.

90. Wir finden daher die Verhältnisszahlen der Radikale aller einbasischen Säuren, indem wir diejenigen Gewichtsmengen derselben aufsuchen, welche sich mit einerlei Menge Wasserstoff oder Kalium u. s. w. verbinden.

Wir finden die Verhältnisszahlen für die Radikale aller zweibasischen Säuren, indem wir diejenigen Gewichtsmengen derselben aufsuchen, welche sich mit der doppelten Menge Wasserstoff vereinigen.

Wir finden endlich die Verhältnisszahlen der Radikale aller dreibasischen Säuren, indem wir diejenigen Gewichtsmengen derselben aufsuchen, welche sich mit der dreifachen Menge vertretbaren Wasserstoffs vereinigen.

Beispiele: Das Wasser besteht in 100 Gewichtstheilen aus 88,94 Sauerstoff und 11,06 Wasserstoff. Viele Chemiker sind übereingekommen, das relative Atomgewicht des Sauerstoffs = 100 zu setzen*). Der Mischungswerth des Wasserstoffs wird demnach 12,48. Dieser Wasserstoff ist im Kaliumoxyd durch

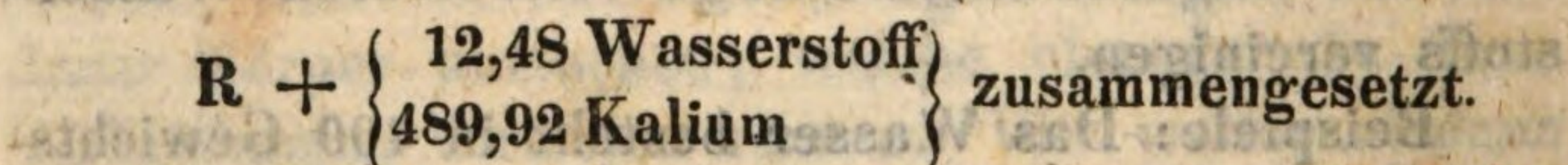
*) Manche Chemiker ziehen vor, das Atomgewicht des Wasserstoffs = 1 anzunehmen, und hiernach die Atomgewichte aller andern Körper zu berechnen (105).

489,92 Kalium, im Silberoxyd durch 1351,61 Silber vertreten.

Nun weiß man, daß 100 Theile Silber 132,75 Chlorsilber bilden; 1351,61 Silber vereinigen sich folglich mit 442,65 Chlor, oder die 100 Th. Sauerstoff des Silberoxyds können durch diese Gewichtsmenge Chlor vertreten werden.

Die Essigsäure ist eine einbasische Säure. 100 Theile essigsaures Silber verwandeln sich durch Glühen in 64,52 Theile reines Silber, oder mit 64,52 Silber waren 35,48 Theile des Radikals der Essigsäure verbunden. Auf 1351,61 Silber kommen mithin 743,19 (Aequivalent) des Radikals: d. h. 743,19 Theile dieses Radikals bilden mit 12,48 Wasserstoff die Essigsäure, mit 489,92 Kalium das essigsaure Kali.

Die Weinsäure ist eine zweibasische Säure. Wenn man 100 Th. saures weinsaures Kali (Weinstein) durch Glühen in kohlensaures Kali verwandelt und dann mit 100 Th. noch unveränderten Weinsteins vermischt, erhält man eine vollständig gesättigte Verbindung, das sogenannte neutrale weinsaure Kali. Im Weinstein ist folglich nur die Hälfte des Wasserstoffs der Weinsäure durch Kalium vertreten; oder dieses Salz ist nach der Formel



Durch die Analyse findet man, daß diejenige Menge Weinstein, welche 489,92 Kalium enthält, 2363,82 wiegt. Wird nun hiervon die Summe beider electropositiven Bestandtheile, nämlich 502,40 abgezogen, so ergibt sich die Verhältnisszahl des Radikals der Weinsäure = 1861,42; oder diejenige Gewichtsmenge desselben, die mit 2 . 12,48 Wasserstoff die Weinsäure bildet.

Die Cyanursäure ist eine dreibasische Säure,

wie bei richtiger Würdigung ihrer Eigenschaften und Vergleichung derselben mit denen der Knallsäure und Cyansäure nicht bezweifelt werden kann (63). Das neutrale cyanursaure Silber enthält folglich 3 Proportionen Silber. Nun findet man in 100 Theilen dieses Salzes 72,36 Silber und 27,64 Radikal; es ist daher

$$72,36 : 27,64 = 3 : 1351,61 : (x = 1589,73)$$

1589,73 Th. dieses Radikals mit 3. 12,48 Wasserstoff gibt die Cyanursäure.

91. Die auf dem angegebenen Wege ermittelte Verhältnisszahl eines einfachen oder zusammengesetzten Radikals glaubt man so lange für das relative Gewicht seines eigentlichen, (mechanisch) untheilbaren Atoms nehmen zu müssen, als nicht erhebliche Gründe gegen diese Ansicht geltend gemacht werden können.

Das Atom des Radikals der Essigsäure wiegt demnach 743,19, wenn eine Sauerstoffmenge von gleichem chemischem Werthe, das Atom des Sauerstoffs, 100 wiegt. Das Atom vom Radikal der Weinsäure wiegt 1861,42 u. s. w.

Die meisten zusammengesetzten Radikale existiren als selbstständige Körper nur in der Vorstellung; man kennt sie nur in ihren Verbindungen mit Wasserstoff, als Säuren; mit den Metallen, als Salze. Diese Wasserstoffsäuren lassen sich auch als Verbindungen von Wasser mit einem electronegativen Oxyde (einer Sauerstoffsäure) ansehen; und mehrere dieser electronegativen Oxyde hat man wirklich dargestellt. Es ist nun einleuchtend, dafs, wenn wir Grund haben, diejenige Gewichtsmenge eines Radikals, welche erhalten wird, indem wir vom Aequivalent seiner Säure den vertretbaren Wasserstoff abziehen, als das Atomgewicht dieses Radikals anzusehen, wir ein glei-

ches Recht haben, diejenige Gewichtsmenge einer Sauerstoffsäure, welche erhalten wird, nachdem man vom Aequivalent der Wasserstoffsäure oder wasserhaltigen Sauerstoffsäure das durch basische Oxyde vertretbare Wasser abgezogen hat, als das Atomgewicht der betreffenden Sauerstoffsäure anzunehmen. Z. B. in der concentrirten Schwefelsäure ist mit

112,48 Wasser, dem Aequivalent des Wassers,

501,17 wasserfreier Schwefelsäure verbunden;

501,17 muß folglich die Atomzahl dieser höchsten Oxydationsstufe des Schwefels seyn. 1 Aequivalent gewöhnlicher Phosphorsäure enthält 892,28 Theile wasserfreie Phosphorsäure und 3. 112,48 Wasser. 892,28 ist also die Atomzahl der wasserfreien Phosphorsäure, der höchsten darstellbaren Oxydationsstufe des Phosphors; gleichwie $892,28 + 300 = 1192,28$ die Atomzahl des Radikals der phosphorsauren Salze ist.

92. Wenn das Mischungsgewicht eines Radikals das relative Gewicht seines untheilbaren Atoms richtig bezeichnet, so folgt, daß die Verbindung desselben mit derjenigen Menge von Wasserstoff oder Metall, wodurch die Sättigung erfolgt, gleichfalls nicht getheilt werden kann, oder das Atom der Verbindung repräsentirt.

Wir finden also das Atom einer Säure, indem wir zu dem Verhältnißgewicht des Radikals, je nachdem es eine 1-, 2- oder 3-basische Säure ist, 1mal oder 2mal oder 3mal 12,48 Wasserstoff hinzufügen.

Das Atom der Salzsäure wiegt $442,65 + 12,48 = 455,1$.

Das Atom der Weinsäure wiegt $1861,42 + 24,96 = 1886,38$.

Das Atom der Cyanursäure wiegt $1589,73 + 37,44 = 1627,17$.

Wir finden das Atom eines Salzes, indem wir

uns den Wasserstoff der Säure durch äquivalente Mengen Metall ganz oder theilweise ersetzt denken.

Ein Atom Chlorkalium wiegt $442,65 + 489,92 = 932,57$.

Ein Atom Weinstein wiegt $1861,42 + \begin{Bmatrix} 12,48 \\ 489,92 \end{Bmatrix} = 2363,82$.

Ein Atom des neutralen weinsauren Kalis wiegt $1861,42 + \begin{Bmatrix} 489,92 \\ 489,92 \end{Bmatrix} = 2841,26$.

Ein Atom saures cyanursaures Kali wiegt $1589,73 + \begin{Bmatrix} 12,48 \\ 12,48 \\ 489,92 \end{Bmatrix} = 2104,61$.

Ein Atom cyanursaures Kali wiegt $1589,73 + \begin{Bmatrix} 12,48 \\ 489,92 \\ 489,92 \end{Bmatrix} = 2582,05$.

Ein Atom cyanursaures Kali-Natron wiegt, da das Aequivalent des Natriums $= 290,90$, $1589,73 + \begin{Bmatrix} 12,48 \\ 489,92 \\ 290,90 \end{Bmatrix} = 2383,03$.

Ein Atom cyanursaures Silber wiegt $1589,73 + 3 \cdot 1351,61 = 5644,56$.

Man sieht leicht, daß keins dieser verschiedenen Säure- oder Salzatome spaltbar ist, sobald die für das Atom des Radikals angenommene Gewichtsmenge wirklich nicht getheilt werden kann.

93. Zugleich muß es einleuchten, daß die Atome der einbasischen Säuren denen der mehrbasischen nicht äquivalent seyn können. Vielmehr bedarf man, um ein Atom eines zweibasischen Radikals zu vertreten, 2 Atome, um ein Atom eines dreibasischen Radikals zu vertreten, 3 Atome eines einbasischen



Radikals. Denkt man sich z. B. das cyanursaure Silber durch Salzsäure in Chlorsilber verwandelt, so werden drei Atome Chlorsilber, aber nur ein Atom Cyanursäure erhalten. — Wenn in einer dreibasischen Säure nur zwei Proportionen Wasserstoff durch eine fixe Basis vertreten sind, und die Zersetzung dieser Verbindung durch eine einbasische Säure bewerkstelligt werden kann, so sind begreiflicher Weise nur 2 Atome dazu erforderlich.

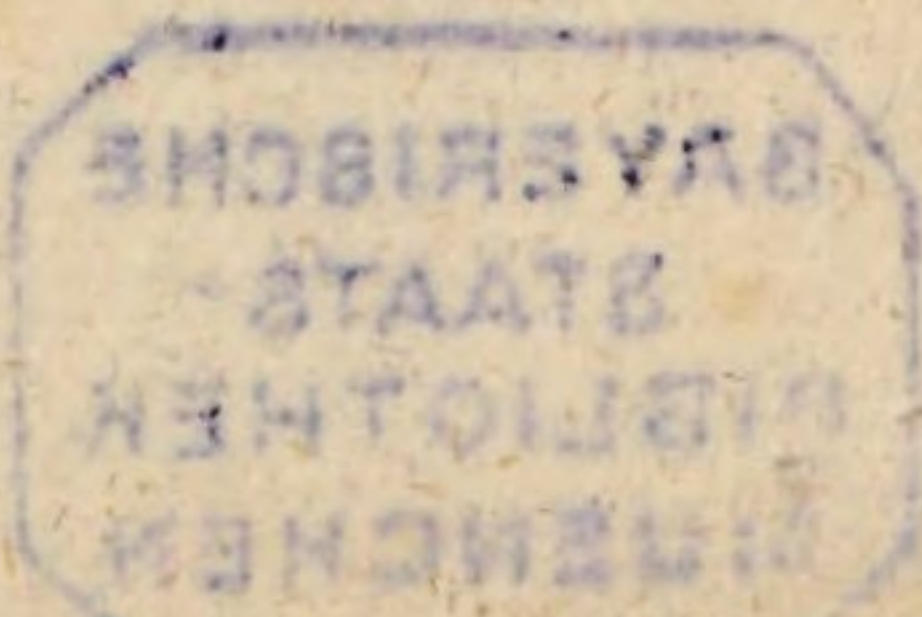
94. Die Mengen von Wasserstoff, Kalium, Silber und von andern Metallen, welche in die Verbindung von 1 Atom Säure oder Salz eingehen, müssen wenigstens einem untheilbaren Atom entsprechen; auch haben wir Gründe (77) voranzusetzen, daß die Aequivalente der mit starken basischen Eigenschaften begabten Metalle vorzugsweise den Werth von 1 Atom repräsentiren. D. h. so lange nicht ganz triftige Gründe dagegen sprechen, betrachten wir diejenige Menge eines basischen Metalls, wodurch 12,48 Wasserstoff vertreten werden kann, als das relative Gewicht von 1 Atom.

Beispiele. 1351,61 Silber verbinden sich mit 442,65 Chlor zu Chlorsilber oder vertreten 12,48 Wasserstoff der Salzsäure. 1351,61 ist also das Atomgewicht des Silbers.

100 Theile Chlorkalium, mit einem Silbersalze zersetzt, bringen 132,75 Th. Chlorsilber hervor. Das Atom des Chlorsilbers wiegt $1351,61 + 442,65 = 1794,26$; es ist daher

$132,75 : 100 = 1794,26 : (x = \text{Atom des Chlorkaliums})$
Man findet $x = 932,57$, und, indem man 442,65, den Chlorgehalt, abzieht, das Atom des Kaliums $= 489,92$.

Im Zinkoxyd hat man auf 100 Theile Zink 24,8 Sauerstoff gefunden. 100 Sauerstoff verbinden sich also mit 403,23 Zink. Dieß ist das Gewicht von 1 Atom.



Auf ähnlichem Wege sind die Atomgewichte des Natriums, Lithiums, Baryums, Strontiums, Calciums, Magnesiums, Yttriums, Thoriums bestimmt worden. Denn da alle diese Metalle hervorstechend basische Eigenschaften besitzen und sich mit den meisten electronegativen Radikalen leicht vereinigen lassen, so betrachtet man ihre Oxyde und die Verbindungen, welche sie durch Wechselzersetzung mit den einbasischen Säuren erzeugen, aus 1 Atom Metall und 1 Atom Radical zusammengesetzt.

95. Viele basischen Metalle verbinden sich in mehreren Verhältnissen mit den electronegativen Radikalen, wodurch die Bestimmung ihres Aequivalents und folglich auch die ihres Atoms verwickelter wird. Z. B. die 12,48 Wasserstoff von einem Atom Salzsäure oder einem Atom Schwefelsäure können durch 395,70 aber auch durch $2 \cdot 395,70$ Kupfer, durch 339,21 Eisen, aber auch durch $\frac{2}{3} \cdot 339,21$ Eisen vertreten werden.

Ein gründliches Studium der verschiedenen Verbindungsstufen eines Metalls mit einem Radikale hat indessen noch immer zu dem Resultate geführt, daß die Affinität der heterogenen Elemente in einem gewissen Verbindungsverhältnisse inniger als in jedem anderen ist. Solche Thatsachen geben denn Anhaltspunkte für die Wahl des Atoms.

96. Beispiele: Das Blei bildet mit Sauerstoff drei Verbindungen, in den Verhältnissen von 1 Blei auf 1, $1\frac{1}{2}$ und 2 Sauerstoff. Allein mit andern Radikalen erhält man, durch direktes Auflösen des Metalls in der Säure, oder durch Wechselzersetzung mit den Oxyden, stets nur solche Verbindungen, welche der niedrigsten Oxydationsstufe, dem Bleioxyd, proportional sind. In diesem Verbindungsverhältnisse zeigt das Blei offenbar die stärksten Verwandtschaften.

Wir schliessen daher, dass im Bleioxyde 1 Atom Sauerstoff mit 1 Atom Blei verbunden ist; oder dass diejenige Menge Blei, wodurch 12,48 Wasserstoff vertreten werden kann, das relative Gewicht ist von 1 Atom. Aus der Analyse des Oxyds hat man dann das Atom des Metalls zu 1294,5 berechnet. Es folgt nunmehr von selbst, dass 1 Atom Bleihyperoxydul aus 2 Atomen Metall und 3 Atomen Sauerstoff; das Bleihyperoxyd aus 1 Atom Metall und 2 Atomen Sauerstoff gebildet ist.

97. Das Eisen vereinigt sich mit Sauerstoff im Verhältnisse von 1 Eisen auf 1 Sauerstoff und im Verhältnisse von 1 Eisen auf $1\frac{1}{2}$ Sauerstoff. Beide Oxyde sind Salzbasen, oder, mit andern Worten, das Eisen bildet mit Schwefel, Chlor und fast allen andern Salzbildern zwei Verbindungen, welche den beiden Oxyden proportional zusammengesetzt sind. Aber das Oxyd ist eine sehr schwache Salzbase, während das Oxydul seinen Rang unter den stärksten Salzbasen behauptet.

Auch erhält man durch direktes Auflösen des Eisens in Salzsäure oder Schwefelsäure unter Austreibung von Wasserstoffgas nur Oxydulsalze. Dasselbe findet statt, wenn ein Silber- oder Bleisalz durch Eisen ausgefällt wird. Diejenige Menge Eisen, wodurch 12,48 Wasserstoff der Salzsäure ausgetrieben oder 1294,5 Blei ausgefällt wird, ist also ohne Zweifel das eigentliche Aequivalent, und höchst wahrscheinlich auch das relative Atomgewicht des Eisens. Es beträgt demnach 339,21.

Wenn nun im Eisenoxydul 1 At. oder 339,21 Eisen mit 1 At. oder 100 Sauerstoff verbunden ist, so muss 1 At. Eisenoxyd nothwendig aus 2 At. Eisen und 3 At. Sauerstoff bestehen. Alle sogenannten Eisenoxydsalze oder die dem Oxyd proportionalen Ver-

bindungsstufen mit Schwefel, Chlor, dem Radikal der Schwefelsäure u. s. f. müssen folglich ebenfalls aus 2 At. Eisen und 3 At. Radikal zusammengesetzt seyn.

Z. B. 1 At. Eisenchlorür wiegt

$$339,21 + 442,65 = 781,86$$

1 At. Eisenchlorid wiegt

$$2 \cdot 339,21 + 3 \cdot 442,65 = 2006,36.$$

98. Das Mangan bildet wie das Eisen zwei basische Oxyde, in welchen 1 Metall mit 1 und mit $1\frac{1}{2}$ Sauerstoff verbunden ist. Die grofse Aehnlichkeit in den chemischen Beziehungen des Manganoxyduls mit dem Eisenoxydul, des Manganoxyds mit dem Eisenoxyd, läfst nicht bezweifeln, dafs die ähnlich benannten Oxydationsstufen beider Metalle eine gleiche atomistische Zusammensetzung besitzen; d. h. 1 At. Manganoxydul besteht aus 1 At. Mangan und 1 At. Sauerstoff und 1 At. Manganoxyd besteht aus 2 At. Mangan und 3 At. Sauerstoff. Hiernach und weil das Manganoxyd auf 100 Mangan 42,16 Sauerstoff enthält, ist das Atomgewicht des Mangans zu 345,89 berechnet worden.

Man kennt vom Mangan überhaupt 5 Oxydationsstufen, deren Sauerstoffmengen für einerlei Mengen Metall sich verhalten wie $1 : 1\frac{1}{2} : 2 : 3 : 3\frac{1}{2}$.

Da nun das Oxydul 1 At. Mangan und 1 Sauerstoff, das Oxyd 2 At. Mangan auf 3 At. Sauerstoff enthält, so sieht man sogleich, dafs das Ueberoxyd, der Braunstein, aus 1 At. Metall und 2 At. Sauerstoff, die Mangansäure aus 1 At. Mangan und 3 At. Sauerstoff, die Uebermangansäure aus 2 At. Mangan und 7 At. Sauerstoff zusammengesetzt seyn mufs.

Die Säuren des Mangans sind als wasserfreie Oxyde nicht bekannt, sondern nur in ihren Verbindungen mit Wasser und mit Salzbasen dargestellt worden. Beide sind einbasische Säuren, und man

findet, daß 12,48 Wasserstoff mit 1 At. Mangan und 4 At. Sauerstoff die Mangansäure; dieselbe Menge Wasserstoff mit 2 At. Mangan und 8 Sauerstoff die Uebermangansäure bildet.

1 At. Mangansäure wiegt $(345,89 + 400) + 12,48$

1 At. Uebermangansäure wiegt $2(345,89 + 400) + 12,48$.

Letztere geht aus der ersteren hervor, indem das Radikal der Mangansäure sich verdoppelt, die Wasserstoffmenge aber ungeändert bleibt. Bekanntlich verwandelt sich die alkoholische Auflösung des mangansauren Kalis sehr leicht in übermangansaures Kali, durch Anziehen von Kohlensäure aus der Luft, oder indem man einen Theil des Kalis durch Zusatz einer andern Säure sättigt. Dabei geht in die Verbindung von 1 At. mangansauren Kalis dieselbe Menge des Radikals noch einmal ein, während das mit diesem zweiten Atom früher verbundene Kalium sich auf Unkosten eines dritten Atoms mangansauren Kalis oxydirt und dasselbe in Manganhyperoxyd und Kali zersetzt. Man erhält daher zuletzt:

1 At. übermangansaures Kali $= 2(345,89 + 400) + 489,92$ (Kalium)

1 At. Braunstein $= 345,89 + 200$.

2 At. Kali $= 2(489,92 + 100)$

letzteres an Kohlensäure oder an irgend eine andere Säure gebunden.

Wir werden weiterhin sehen, daß Betrachtungen ganz anderen Ursprungs, als die vorhergehenden, zu derselben atomistischen Zusammensetzung der Mangansäuren führen.

99. Die Analogie führt zu der Annahme, daß auch bei mehreren andern Metallen, welche Oxydationsstufen besitzen, deren Sauerstoffmengen sich wie $1:1\frac{1}{2}$ verhalten, und von denen die niedere Oxy-

dationsstufe die stärkere oder auch die einzige Salzbase ist, diese stärkere Basis, das Oxydul, aus 1 At. Metall und 1 At. Sauerstoff gebildet sey. Nach dieser Voraussetzung ist das Atomgewicht des Kobalts, des Nickels, des Zinns, des Ceriums, des Wismuths, des Urans, des Tantals, des Osmiums, des Iridiums, des Platins, des Palladiums, des Rhodiums bestimmt worden. Die Atomgewichte der Oxyde und anderer Verbindungen dieser Metalle ergeben sich dann sehr leicht.

Das Zinn bildet überhaupt drei bekannte Oxyde, deren Sauerstoffmengen sich wie $1 : 1\frac{1}{2} : 2$ verhalten. Ungeachtet alle drei basische Eigenschaften besitzen und obgleich die mittlere Oxydationsstufe erst in der neueren Zeit entdeckt wurde, hat man doch längst angenommen, daß das Zinnoxidul aus 1 At. Zinn auf 1 At. Sauerstoff bestehe, weil es die stärkere Basis ist, und weil die drei den Oxyden proportionalen Schwefelungsstufen bekannt waren, woraus man folgerte, daß das Zinn zu der eben erwähnten Reihe von Metallen gehören müsse.

Die Sauerstoffmengen der beiden Oxyde des Platins und derjenigen des Palladiums verhalten sich wie $1 : 2$, und eine Oxydationsstufe dieser beiden Metalle, deren Sauerstoffgehalt das $1\frac{1}{2}$ fache desjenigen des Oxyduls ist, kennt man noch gar nicht. Aber dieses mittlere Oxyd existirt bei den dem Platin zunächst stehenden Metallen, Osmium, Iridium und Rhodium; man zweifelt daher nicht, daß Platinoxidul und Palladiumoxydul aus 1 At. Metall und 1 At. Sauerstoff, hingegen die Oxyde des Platins und Palladiums, ähnlich dem Osmiumoxyd (der dritten Oxydationsstufe des Osmiums), aus 1 At. Metall und 2 At. Sauerstoff bestehen.

100. Das Kupfer hat zwei Oxyde, deren Sauer-

stoffmengen im Verhältnisse von 1 : 2 stehen. Von beiden kennt man proportionale Verbindungsstufen auch mit andern einfachen und zusammengesetzten electronegativen Radikalen. Aber hier sind es gerade die höheren Verbindungsstufen, in welchen das Kupfer die stärksten basischen Eigenschaften zeigt, oder die kräftigsten Verwandtschaften besitzt. Das Oxydul geht mit den Säuren Verbindungen von nur geringer Innigkeit ein, die zum Theil schon durch reines Wasser zersetzt werden können. Wird Kupferoxydul mit verdünnten Säuren übergossen, so bildet sich ein Kupferoxydsalz und die Hälfte des Kupfers scheidet sich metallisch ab. Alles weist also darauf hin, daß das Oxydul aus 2 At. Kupfer und 1 At. Sauerstoff, das Oxyd aus 1 At. Kupfer und 1 At. Sauerstoff besteht. Kupferoxyd gehört überdies mit Kalk, Zinkoxyd, Eisenoxydul, Manganoxydul u. s. w. zu derselben Gruppe isomorpher Körper. Auch dieser Umstand spricht daher für die aus dem chemischen Verhalten des Kupferoxyds gefolgerte atomistische Constitution desselben.

Aus ähnlichen Gründen wie beim Kupfer wird angenommen, daß im Quecksilberoxyd 1 At. Metall und 1 At. Sauerstoff, im Quecksilberoxydul 2 At. Metall und 1 At. Sauerstoff enthalten ist.

101. Wir haben in dem Vorhergehenden zahlreiche Beispiele von Salzbasen kennen gelernt, die unmöglich aus gleichen Atomen Metall und Sauerstoff bestehen können. Das Vermögen eines Metalls, basische Eigenschaften zu zeigen, ist also durchaus nicht an dieses Verbindungsverhältniß geknüpft. Nur bei den stärkeren Salzbasen haben wir überwiegende Gründe, dasselbe voranzusetzen. Wenn daher ein Metalloxyd nur geringe Affinität zu den Säuren besitzt, so dürfen wir mit gleicher, wo nicht größerer, Wahrscheinlichkeit

auf eine andere atomistische Zusammensetzung schließen. Zu dieser Klasse von Salzbasen gehört Alaunerde und Chromoxyd. Die Alaunerde besitzt so wenig Verwandtschaft zu den Säuren, daß sie im geglühten Zustande fast unauflöslich ist; nur ihr Hydrat wird von einigen Säuren leicht aufgenommen. Ihre Verbindungen mit flüchtigen Säuren werden in der Hitze zersetzt und mit der Kohlensäure verbindet sie sich eben so wenig wie das Eisenoxyd. Thonerde und Chromoxyd verhalten sich gegen die Alkalien wie Kieselerde und andere electronegative Oxyde.

Man hat demnach verschiedene Gründe in diesen Oxyden mehr als 1 Atom Sauerstoff zu vermuthen. Nun sind beide mit Eisenoxyd und Manganoxyd isomorph (84). Man schließt daher in diesen 4 Verbindungen auf eine gleiche atomistische Zusammensetzung. D. h. Thonerde und Chromoxyd enthalten auf 2 At. Metall 3 At. Sauerstoff.

Das Atomgewicht des Aluminiums ist durch die Analyse der schwefelsauren Thonerde gefunden worden. 100 Theile wasserfreier schwefelsaurer Thonerde hinterlassen, nach Verjagung der Säure in heftigem Feuer, 29,234 Thonerde (Berzelius). Da diese an 70,766 wasserfreie Schwefelsäure gebunden waren, da das Atomgewicht dieser letzteren 501,16 beträgt und da in der schwefelsauren Thonerde 3 At. Säure enthalten seyn müssen, so ergibt sich die Proportion:

$$70,766 : 29,234 = 3 \cdot 501,16 : x$$

Man findet hieraus x oder das Atomgewicht der Thonerde zu 642,33. Wird von dieser Zahl 300, nämlich 3 At. Sauerstoff, abgezogen, so erhält man das Gewicht von 2 At. Aluminium = 342,33; 1 At. Aluminium wiegt folglich 171,165. Berzelius betrachtet auch die Beryllerde und die Zirkonerde gleich der

Alaunerde aus 2 At. Metall auf 3 Sauerstoff zusammengesetzt.

102. Das Chrom bildet noch eine zweite Oxydationsstufe, die (wasserfreie) Chromsäure, welche gerade noch einmal so viel Sauerstoff enthält, als das Chromoxyd. Hätte man nun in dem letzteren, wie in den starken Salzbasen, auf 1 At. Chrom 1 At. Sauerstoff angenommen, so müßte die Chromsäure aus 1 At. Chrom und 2 At. Sauerstoff bestehen. Berzelius führt an, daß 100 Theile wasserfreies salpetersaures Bleioxyd, welche 67,31 Bleioxyd enthalten, durch chromsaures Kali gefällt 98,772 chromsaures Bleioxyd geben. Mit dem Bleioxyd müssen folglich 31,462 Chromsäure verbunden seyn. Da nun das Atomgewicht des Bleioxyds = 1394,5; so ist:
 $67,31 : 31,462 = 1394,5 : (x = 651,81 \text{ At. d. Chromsäure})$
 Wir finden jetzt leicht das Atom eines chromsauren Salzes, indem das Atom der Basis zu dem der Chromsäure addirt wird. Es ist z. B. das Atomgewicht des Quecksilberoxyds = 1365,82; mithin das des chromsauren Quecksilberoxyds = 2017,63. Wenn 2 Atome dieses Salzes geglüht werden, so bleibt nach vollständiger Austreibung des Quecksilbers ein Rückstand von grünem Chromoxyd, der 1003,62 wiegt, und worin (zufolge der chemischen Analyse) 703,62 Chrom und 300 Sauerstoff enthalten sind. Im Oxyd findet man also auf 3 At. Sauerstoff noch einmal so viel Chrom, als in der Säure. Zieht man die Hälfte dieser Gewichtsmenge Chrom oder $\frac{703,62}{2} = 351,81$ vom Atomgewichte der Chromsäure ab, so ergibt sich 300, d. h. das Atom der Chromsäure enthält 300 Theile oder 3 At. Sauerstoff, welche mit halb so viel Metall als im Oxyde verbunden sind. Die Chromsäure kann folglich nicht aus 1 At. Chrom mit 2 At. Sauerstoff bestehen, sondern sie muß aus 1 At. Metall

und 3 At. Sauerstoff, das Chromoxyd aus 2 At. Metall und 3 At. Sauerstoff zusammengesetzt seyn. Zu dem letzteren Resultat waren wir schon vorher durch ein ganz anderes Raisonnement gelangt.

Gleich wie das Chromoxyd dem Manganoxyd, so ist die Chromsäure der Mangansäure isomorph. Auch diese Erfahrung leitet zu der bereits auf anderem Wege gefundenen atomistischen Zusammensetzung der Oxyde und Salze des Chroms.

Zwischen dem Chromoxyd und der Chromsäure gibt es noch eine intermediäre Oxydationsstufe, welche, wie der Braunstein, aus 1 At. Chrom und 2 At. Sauerstoff gebildet ist und als eine Verbindung der Säure mitdem Oxyde angesehen wird. Es ist denkbar, daß auch noch die andern den Oxyden des Mangans correspondirenden Chromverbindungen aufgefunden werden und dadurch die Analogie beider Körper vervollständigt wird.

Da die ganze Diskussion über die atomistische Zusammensetzung der Körper und über die Grösse ihrer Atomgewichte durchaus nur auf Wahrscheinlichkeiten und Analogieen gegründet ist, so hängt die Entscheidung in dergleichen Fragen bis jetzt davon allein ab, wie viele und wie wichtige Gründe für eine gewisse Ansicht sprechen; und man ist um so mehr berechtigt, das wahrscheinliche Atomgewicht eines Stoffs als sein wahres Atomgewicht zu betrachten, je mehr es gelingt, von ganz verschiedenen Gesichtspunkten aus gleiche Resultate zu erhalten.

103. Wir sind bei der Bestimmung der Atome bisher von rein chemischen Gesichtspunkten ausgegangen. Wir sahen aber, daß die Analogieen des physikalischen Verhaltens der Körper zuweilen zu übereinstimmenden Resultaten leiteten. Diese Uebereinstimmung findet jedoch nicht immer statt, wie be-

reits früher gezeigt worden ist, und es kommen Fälle vor, wo man geglaubt hat, den Andeutungen, welche man durch die Kenntniss der physikalischen Eigenschaften eines Körpers erhielt, bei der Diskussion über sein Atomgewicht den Vorzug geben zu müssen.

Diese Fälle wollen wir jetzt in Betrachtung ziehen.

104. Das Aequivalent des Wasserstoffs ist nach dem Ergebnisse der besten Analysen zu 12,48 (oder eigentlich 12,4795) festgesetzt worden. Diefs ist die Menge Wasserstoff, welche den Radikalen der Säuren gegenüber die Rolle einer Basis von sehr starker Verwandtschaft und Sättigungskraft übernimmt, die Menge, welche durch 1 At. Kalium oder Natrium ersetzt werden kann. Man ist also versucht, 12,48 für das Atomgewicht des Wasserstoffs zu nehmen. Wirklich geschieht dies von vielen Chemikern. Allein die gasförmigen Bestandtheile des Wassers sind 2 Vol. Wasserstoff auf 1 Vol. Sauerstoff. Da man nun früherhin die Volumtheorie als die sicherste Führerin bei Untersuchungen dieser Art betrachtete, so hat Berzelius, der für die Bestimmung der chemischen Verhältnisszahlen allein mehr geleistet hat, als alle übrigen Chemiker zusammen genommen, das Aequivalent des Wasserstoffs $= 2$ At. gesetzt. 1 At. Wasserstoff wiegt demnach 6,24. Das Atom des Wassers aber ist, welcher Ansicht man auch beipflichten mag, $= 12,48 + 100 = 112,48$.

Ungeachtet man gegenwärtig auf die Volumtheorie nicht mehr denselben Werth legt, als vordem, und demnach die Verdopplung des Wasserstoffatoms nicht eigentlich als Inconsequenz betrachtet werden kann; so ist doch die Ansicht, wodurch eine solche Veränderung gerechtfertigt werden könnte, nicht im geringsten wahrscheinlicher, als die früher geltende (80); während es für die Bequemlichkeit des Ge-

brauchs der stöchiometrischen Tabellen und für das wechselseitige Verständniss von der höchsten Wichtigkeit ist, daß an den einmal festgestellten Werthen für die Atome ohne vollgültige und allgemein anerkannte Gründe nichts geändert wird. Hierin hat man ohne Zweifel den Grund zu suchen, daß Berzelius, Bestimmung des Wasserstoffatoms von den meisten Chemikern fortwährend beibehalten wird.

105. Man hält es öfter für bequem, die Atomgewichte der Körper auf das des Wasserstoffs zu beziehen und setzt dann dieses gleich 1. Wenn man indessen glaubt, daß die so bestimmten Atomzahlen, weil der Wasserstoff der leichteste Körper sey, unbeschadet der Genauigkeit, weniger Ziffern zu haben brauchten, als die nach dem Sauerstoff berechneten Werthe, so beruht dieß auf einem Irrthum, der alsbald ersichtlich wird, wenn man bedenkt, daß die Verwandlung des Sauerstoffatoms aus 100 in 10 uns nicht berechtigt, die letzte Decimale der Atomzahlen nunmehr wegzulassen.

106. Aus demselben Grunde, der Veranlassung gab, das Aequivalent des Wasserstoffs $= 2$ At. zu setzen, hat man die Aequivalente des Chlors, Broms, Iods und Fluors aus 2 Atomen bestehend angenommen; denn man hat gefunden, daß die Menge Chlor, wodurch 1 Volum Sauerstoffgas ersetzt werden kann, 2 Volumen Chlorgas entspricht u. s. w. Das Aequivalent des Chlors ist 442,65 (90), also seine Atomzahl 221,33.

Ein Atom Chlorkalium besteht demnach aus 1 Atom Kalium und 2 Atom Chlor.

Die Chlorwasserstoffsäure ist aus gleichen Volumtheilen oder Atomen Chlor und Wasserstoff zusammengesetzt; weil aber bei allen anderen Säuren 1 Aequivalent für 1 Atom genommen wird, so betrach-

tet man 1 Atom Chlorwasserstoffsäure bestehend aus 2 At. Chlor und 2 At. Wasserstoff oder $\equiv$ 1 Aequivalent.

Das Chlor bildet 4 bis jetzt bekannte Oxyde: die unterchlorige Säure, die chlorige Säure, die Chlorsäure und Ueberchlorsäure. 2 Vol. Chlor sind in denselben mit 1, 4, 5 und 7 Vol. Sauerstoff verbunden. Da nun 100 Theile wasserfreies chlorsaures Kali bei der trocknen Destillation 39,15 Sauerstoff geben (Berzelius) und 60,85 Chlorkalium zurücklassen; da ferner das Atom des Chlorkaliums 932,57 wiegt: so läßt sich leicht berechnen, daß 1 Atom chlorsaures Kali durch das Ausglühen überhaupt 600 oder 6 At. Sauerstoff verliert und 1 At. Chlorkalium zurückläßt. Das Aequivalent oder Atom der hypothetisch trocknen Chlorsäure enthält folglich 5 At. Sauerstoff und 2 At. Chlor; das Radikal der wässrigen Chlorsäure oder der chlorsauren Salze 6 At. Sauerstoff und 2 At. Chlor.

Man findet auf ähnliche Weise, daß die überchlorsauren Salze 8 At. Sauerstoff auf 1 At. Chlormetall oder 2 At. Chlor enthalten.

Zu demselben Resultate führt die Thatsache, daß Ueberchlorsäure und Uebermangansäure einander in ihren Salzverbindungen ohne Aenderung von deren Krystallform vertreten können. Denn man weiß aus anderen Gründen (98), daß die übermangansauren Salze 2 At. Mangan und 8 At. Sauerstoff enthalten. Wenn man aber voraussetzen darf, daß in der Ueberchlorsäure, der Analogie der Uebermangansäure gemäß, 2 At. Chlor enthalten sind, so folgt von selbst, daß 1 Aeq. Chlor $\equiv$ 2 Atomen. Hier also unterstützt die Isomorphie das nach Grundsätzen der Volumtheorie gewonnene Resultat.

Für die nach ähnlichen Grundsätzen bestimmten

Atomzahlen des Fluors, Broms und Iods spricht dann die grofse Analogie dieser Körper mit Chlor. Ueberdies haben nach Kopp Chlor, Brom und Iod gleiches Atomvolum (83).

107. Bei dem Schwefel hat man den Ausspruch der Volumtheorie, nach welcher (79) ein Atom = 3 Aequivalenten seyn müfste, ganz unbeachtet gelassen; weil diese Annahme zu einer atomistischen Zusammensetzung der Schwefelverbindungen führt, durch welche die Uebersicht ungemein erschwert wird und für die man bei anderen Körperverbindungen keine Analogieen findet. Lange, bevor das spec. Gewicht des Schwefelgases bekannt war, hatte man die Atomzahl des Schwefels zu 201,17 gesetzt, weil diefs das Aequivalent für 100 Sauerstoff ist, und weil der Schwefel in den meisten seiner Verbindungen, sowohl mit electronegativen wie mit electropositiven Körpern, die grössten Analogieen mit dem Sauerstoff zeigt. Man musste also zunächst nothwendig zu der Vorstellung geleitet werden, dafs überall, wo beide Körper einander ersetzen, Atom für Atom eintritt.

Der Schwefel bildet 4 Oxyde, welche sämmtlich Säuren sind und deren Sauerstoffmengen sich wie $1:2:2\frac{1}{2}:3$ verhalten.

100 Th. Blei in schwefelsaures Blei verwandelt geben 146,44 Gewichtstheile. Das Atomgewicht des schwefelsauren Bleis ist hiernach 1895,66. Wird dieses Gewicht in Schwefelblei reducirt, so erhält man 1495,66 Gewichtstheile, oder es gehen $400 = 4$ At. Sauerstoff fort; wovon 1 Atom mit dem Blei also, 3 At. mit dem Schwefel verbunden waren. Die Atomzahl der höchsten Oxydationsstufe des Schwefels, der Schwefelsäure, ist mithin $201,17 + 300 = 501,17$. Nimmt man nun die 201,17 Schwefel für 1 Atom, so stimmt die atomistische Zusammensetzung der Schwe-

felsäure mit der Mangansäure (98) und Chromsäure (102) überein, mit welchen sie überdies isomorph ist.

Wenn man 1 Atom eines neutralen schwefligsauren Salzes mit Salpetersäure oxydirt, so nimmt es gerade 1 Atom Sauerstoff auf und verwandelt sich in neutrales schwefelsaures Salz. 1 Atom schwefliger Säure, d. h. diejenige Menge, welche sich mit 1 Atom Basis vereinigt, besteht folglich aus 1 At. Schwefel und 2 At. Sauerstoff.

Wird ein neutrales unterschwefelsaures Salz erhitzt, so zersetzt es sich in ein neutrales schwefelsaures Salz, während genau so viel schweflige Säure frei wird, als man nöthig hätte, um die nämliche Base zu neutralisiren. Die Unterschwefelsäure kann man sich folglich so entstanden denken, daß in die Constitution von 1 At. Schwefelsäure 1 At. schwefliger Säure eingegangen ist, jedoch ohne Aenderung der Sättigungscapacität. Die atomistische Zusammensetzung der Unterschwefelsäure ist daher mit derjenigen der Chlorsäure, Bromsäure, Iodsäure übereinstimmend, oder 1 At. derselben besteht aus 2 At. Schwefel und 5 At. Sauerstoff. Man sieht aus diesen Erörterungen, daß die angenommene Atomzahl des Schweifels durch zahlreiche Analogieen gerechtfertigt wird. Selen und Tellur schliessen sich in ihrem Verhalten dem Schwefel unmittelbar an. Selen und Schwefel sind außerdem isomorph. Man hat daher Gründe, bei den Säuren des Selens und Tellurs dieselbe atomistische Zusammensetzung wie bei der schwefligen und Schwefelsäure vorauszusetzen. Ihre Atomzahlen sind hiernach bestimmt worden.

108. Die Ausmittlung der Atomzahl mancher Körper aus ihrem chemischen Verhalten wird dadurch sehr erschwert, weil sie mit andern Körpern wenig oder gar nicht vergleichbar sind, in der Art wie Chlor

mit Sauerstoff und Schwefel, oder wie Wasserstoff und Eisen mit Kalium. Dahin gehören Stickstoff, Kohle, Bor, Kiesel, Gold.

Der Stickstoff ist ein Körper von so geringen Verwandtschaften, daß er sich direkt mit keinem anderen Körper vereinigen läßt. Er gehört seinen Beziehungen nach zwar zu den negativelectrischen Körpern; allein seine Verbindungen zeigen mit denen anderer electronegativer Stoffe nur wenig Analogieen. In keiner derselben spielt er eine Rolle, wodurch er mit Sauerstoff, Schwefel, Chlor oder einem ähnlichen Körper vergleichbar würde. Für die Bestimmung seiner Atomzahl bieten sich uns daher auf diesem Wege keine geeigneten Analogieen. Aber die Volumtheorie gewährt uns einen Anhaltspunkt. Wie bei Sauerstoff, Wasserstoff und Chlor, hat man auch 1 Vol. Stickstoffgas $\equiv$ 1 Atom gesetzt und dann nach dem specifischen Gewichte dieses Gases seine Atomzahl zu 88,52 berechnet. In den 5 Oxyden, welche man vom Stickstoff kennt, sind 2 Volume desselben mit 1, 2, 3, 4 und 5 Volumen Sauerstoff verbunden. Die Salpetersäure besteht demnach, ähnlich der Chlorsäure, aus 2 At. Stickstoff und 5 At. Sauerstoff, womit die Atomzahl der Salpetersäure, aus den salpetersauren Salzen berechnet, übereinstimmt; die Untersalpetersäure, ähnlich der Unterchlorsäure (chlorigen Säure) aus 2 At. Stickstoff und 4 At. Sauerstoff; die salpetrige Säure, ähnlich den höheren Oxydationsstufen mehrerer Metalle aus 2 At. Stickstoff und 3 At. Sauerstoff. Auch für die beiden niedrigsten Oxydationsstufen fehlt es nicht an zahlreichen Analogieen.

109. Mit den drei höchsten Oxydationsstufen des Stickstoffs hinsichtlich ihrer atomistischen Zusammensetzung ganz gleich sind die drei bis jetzt

genau untersuchten Oxyde des Antimons, deren Sauerstoffmengen sich wie 3:4:5 verhalten. Das Antimonoxyd spielt zugleich die Rolle eines electonegativen und electropositiven Oxyds, zeigt aber in beiden Fällen nur geringe Affinitäten. Hierdurch allein schon wird man zur Vermuthung geführt, daß es, ähnlich dem Chromoxyd 2 At. Metall und 3 At. Sauerstoff enthält. Wird die Atomzahl der Antimonsäure und antimonigen Säure aus den Neutralsalzen berechnet, welche sie bildet (90), so findet man, daß die Gewichtsmenge, welche 1 Atom der höchsten Oxydationsstufe entspricht, 5 Atome, und daß 1 Atom antimoniger Säure 4 At. Sauerstoff enthält. Es ist also wahrscheinlich, daß die Quantität des Metalls in 1 At. dieser verschiedenen Oxyde 2 At. ausmacht.

110. Aus Gründen der Analogie ist überhaupt die Ansicht geltend geworden, daß 5 Atome Sauerstoff eines Oxyds stets mit 2 At. von der electropositiven Grundlage dieses Oxyds verbunden seyn müssen. Man betrachtet daher als ausgemacht, daß z. B. die Phosphorsäure und Arseniksäure im Verhältnisse von 2:5 zusammengesetzt ist, weil man durch die Analyse der phosphorsauren und arseniksauren Salze in 1 Atom dieser Säuren 5 At. Sauerstoff gefunden hat. Die Analogie dieser atomistischen Zusammensetzung mit derjenigen anderer Säuren, insbesondere der Salpetersäure und Antimonsäure, betrachtet man als so überzeugend für die Richtigkeit derselben, daß man durch die Kenntniß von der Dichtigkeit des Phosphor- und Arsenikdampfes, wonach mit 5 Vol. Sauerstoffgas sich nur 1 Vol. Arsenik- oder Phosphorgas verbindet) nicht veranlaßt werden konnte, die Atomzahl dieser einfachen Stoffe zu ändern.

Phosphor und Arsenik bilden auch Säuren mit

weniger Sauerstoffgehalt, die phosphorige und arsenige Säure, welche auf 2 At. Phosphor oder Arsenik 3 At. Sauerstoff enthalten und als deren Repräsentanten wir beim Antimon das Oxyd, beim Stickstoff die salpetrige Säure finden. Eine weitere Analogie gewährt die unterphosphorige Säure, welche wie das Stickstoffoxydul zusammengesetzt ist.

Phosphorsäure und Arseniksäure zeigen sich in allen ihren analogen Verbindungen isomorph. Die arsenige Säure ist in gewissen Fällen mit Antimonoxyd isomorph und es kommen in der Natur manche Verbindungen vor, in welchen sich Antimon und Arsenik, Atom für Atom, wechselseitig vertreten können.

Die bekannten, und in ihrem chemischen Verhalten einigermaßen ähnlichen Verbindungen des Stickstoffs, Phosphors und Arseniks mit Wasserstoff haben, zu Folge der angenommenen Atomzahl dieser einfachen Stoffe, gleiche atomistische Zusammensetzung, nämlich 1 At. Radikal auf 3 At. Wasserstoff.

Alle diese Umstände zusammengefaßt, tragen dazu bei, die Ansicht, welche man sich von der atomistischen Zusammensetzung der Stickstoff-, Antimon-, Phosphor- und Arsenik-Verbindungen gemacht hat, zu unterstützen.

111. Ungeachtet der Kohlenstoff im Allgemeinen ungleich kräftigere Verwandtschaften zeigt als der Stickstoff, so ist man doch bei jenem noch weit weniger als bei diesem im Stande, aus Analogieen seiner Verbindungen deren atomistische Zusammensetzung, und zwar insbesondere die wahre Atomzahl des Kohlenstoffs, abzuleiten. Man weiß zwar aus der Analyse der kohlensauren Salze, daß das Atomgewicht der Kohlensäure 275,854 betragen muß, und man weiß, daß in 1 Atom Kohlensäure 2 Atome oder Volume Sauerstoff enthalten sind, welche als kohlensaures Gas

denselben Umfang wie als Sauerstoffgas behaupten. In Betreff der Anzahl Atome Kohlenstoff, welche sich mit diesem Sauerstoff zu 1 Atom oder zu 2 Volumen Kohlensäure verbunden haben, läßt sich aber mit einiger Wahrscheinlichkeit nur so viel behaupten, daß sie nicht mehr als 2 und nicht weniger als 1 betragen kann. Berzelius nimmt in der Kohlensäure nur 1 Atom Kohlenstoff an und hiernach beträgt das Gewicht desselben 75,854. Viele, insbesondere französische Chemiker setzen die Atomzahl des Kohlenstoffs doppelt so groß.

112. Noch weit weniger Hülfsmittel hat man bis jetzt zu Gebote gehabt, um die Atomzahlen des Bors, Kiesels und Goldes mit einiger Wahrscheinlichkeit zu bestimmen. Berzelius nimmt an daß Borsäure und Kieselsäure aus 3 At. Sauerstoff und 1 At. des electropositiven Bestandtheils gebildet sey; das Goldoxyd betrachtet er aus 2 At. Gold und 3 At. Sauerstoff zusammengesetzt. Die Bestimmung der Atomzahlen dieser Körper mit Hülfe guter Analysen hat dann weiter keine Schwierigkeit.

113. Wir haben jetzt noch unsere besondere Aufmerksamkeit auf die atomistische Zusammensetzung derjenigen Klasse von Körperverbindungen zu wenden, deren allgemeines chemisches Studium den Gegenstand der sogenannten organischen Chemie ausmacht und welche sämmtlich Verbindungen sind von zweien oder mehreren der 4 Stoffe: Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff.

Unter diesen Körpern ist Sauerstoff mit Eigenschaften begabt, welche ihm den Charakter eines eminent negativelectrischen Körpers verleihen. Wasserstoff gehört seinem ganzen chemischen Verhalten nach zu den am stärksten positivelectrischen Körpern. Der Stickstoff ist in hohem Grade indifferent,

gehört jedoch seinem allgemeinen Verhalten nach zu den negativelectrischen Körpern. Auch der Kohlenstoff wird zu den negativelectrischen Stoffen gerechnet, neigt sich jedoch schon mehr auf die Seite der positivelectrischen.

114. Es ist nach diesen Erörterungen begreiflich, daß Stickstoff und Kohlenstoff durch Aufnahme von Sauerstoff unter allen Umständen electronegative Eigenschaften gewinnen, dagegen durch Aufnahme von Wasserstoff ihre negativelectrischen Beziehungen verlieren und mehr und mehr das Verhalten electropositiver Körper annehmen müssen.

Hierdurch nun zerfallen die organischen Gebilde in drei Abtheilungen, die der electronegativen Radikale, die der electropositiven Radikale und die der indifferenten Körper.

115. Die sehr zahlreiche Abtheilung der organischen electronegativen Radikale unterscheiden sich in ihrem allgemeinen Verhalten in keiner wesentlichen Beziehung von den zusammengesetzten Radikalen überhaupt. Sie können Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und selbst Wasserstoff in mannigfaltigen Verhältnissen in ihre Zusammensetzung aufnehmen oder daraus abscheiden, ohne dadurch ihren Charakter als negativelectrische Körper zu verlieren, und häufig selbst ohne Aenderung ihres Sättigungsvermögens für electropositive Radikale. Sie bilden mit vertretbarem Wasserstoff die ein-, zwei- und dreibasischen organischen Wasserstoffsäuren und mit solchen Metallen, welche den Wasserstoff ersetzen können, Metallsalze. Das relative Verhältniß der Atome der Elemente in diesen Radikalen, Säuren, Salzen, so wie ihre Atomzahlen selbst, werden gewöhnlich aus dem Atomgewichte des fixen Bestandtheils der Salze berechnet. Wir haben in dieser Hin-

sicht zu dem bereits früher (91) Angeführten nichts weiter zu zufügen.

116. Kaum weniger zahlreich als die organischen Säuren sind die organischen Basen; Verbindungen, welche theils natürlich vorkommen, wie die Alkaloide, Chinin, Cinchonin, Morphin u. a. m. oder wie die Basis der Fette, das Glycerin, theils aber auch künstlich erzeugt werden können wie, Harnstoff, Melamin und andere. Alle zu dieser Abtheilung gehörigen Körper enthalten Wasserstoff in grosser Menge; die meisten enthalten Kohlenstoff und Stickstoff. Sauerstoff findet sich in vielen, aber nur in ganz geringer Menge vor und ihre basischen Eigenschaften vermindern sich in dem Maasse, als ihr Sauerstoffgehalt zunimmt. Der Prototyp dieser Verbindungen ist das Ammoniak. Das Ammoniak ist aus 1 Vol. Stickstoff auf 3 Vol. Wasserstoff zusammengesetzt und steht in seinen basischen Eigenschaften den stärksten Salzbasen, den Alkalien, ganz nahe. Die Salze, welche es bildet, unterscheiden sich aber von denen der Metalloxyde wesentlich dadurch, daß man sie nicht als Verbindungen der Sauerstoffsäuren mit einer Basis betrachten kann; denn das Ammoniak verbindet sich nur mit den Hydraten der Sauerstoffsäuren; oder, mit anderen Worten, zu der Constitution von 1 Atom eines Ammoniaksalzes ist 1 Atom Wasser nothwendig. Um daher die Zusammensetzung der Ammoniaksalze mit denen der Alkalien in Uebereinstimmung zu bringen, muß man sich das Ammoniak in seiner wässrigen Auflösung als ein Oxyd vorstellen, welches auf 2 At. Stickstoff und 8 At. Wasserstoff 1 At. Sauerstoff enthält, und das Aequivalent ist von 1 At. Kali oder 1 At. Natron u. s. w.

117. Nach der Theorie der Wasserstoffsäuren ist also in den Ammoniaksalzen 1 Aequivalent irgend

elnes electronegativen Radikals, z. B. 1 At. vom Radikal der Schwefelsäure, oder 1 Aequivalent Chlor u. s. w. mit 2 At. Stickstoff und 8 At. Wasserstoff verbunden.

Die hypothetische Verbindung von 1 Aequivalent Ammoniak mit 1 Aequivalent Wasserstoff oder von 2 At. Stickstoff + 8 At. Wasserstoff betrachtet man in der That als 1 At. eines basischen Radikals oder eines zusammengesetzten basischen Metalls, welches mit 1 At. Kalium oder Natrium oder auch 1 Aequivalent Wasserstoff gleichen chemischen Rang hat und durch diese vollständig vertreten werden kann. Dieser hypothetische Körper hat den Namen Ammonium erhalten. Seine Atomzahl ist aus der des Stickstoffs und Wasserstoffs leicht zu berechnen.

118. Man sieht leicht, daß die Hypothese vom Ammonium, welche von Berzelius herrührt, für einen zusammengesetzten basischen Körper ganz die selbe Bedeutung hat, wie die Hypothese der electronegativen Radikale und zusammengesetzten Wasserstoffsäuren für die Säuren. Mag man nun diese Vorstellungen für naturgemäfs halten oder nicht, so haben sie für die chemisch-stöchiometrischen Untersuchungen jedenfalls einen unschätzbaren Werth, weil sie die meisten und wichtigsten Körperverbindungen unter ein und dasselbe einfache und leicht faßliche Gesetz bringen, und folglich das Gedächtniß ungemein unterstützen.

119. Denselben Charakter wie das Ammoniak besitzen alle organischen Basen; d. h. diese Körper können sich nur mit Wasserstoffsäuren direkt, mit Sauerstoffsäuren aber nur beim Zutritt von Wasser verbinden. Oder ihre Salze kann man betrachten als Verbindungen eines electronegativen Radikals (Chlor, Radikal der Schwefelsäure u. s. f.) mit einem

electropositiven Radikal, bestehend aus 1 Aequivalent Wasserstoff + 1 Aequivalent einer organischen Basis (Chinin, Melamin u. s. f.).

120. Das Chlorammonium bildet, ähnlich wie das Chlorkalium, mit Platinchlorid ein Doppelsalz, den Platinsalmiak, welches besteht aus 1 At. Chlorammonium und 1 At. Platinchlorid, oder worin das Chlor des ersteren zu dem des letztern sich verhält wie 1:2.

Alle bis jetzt untersuchten Verbindungen der Chlorwasserstoffsäure mit den organischen Basen vereinigen sich mit dem Platinchlorid zu ganz ähnlichen Doppelverbindungen von derselben atomistischen Zusammensetzung ihrer näheren Bestandtheile. Sie sind stets wasserfrei und geben daher ein vortreffliches Mittel ab zur Bestimmung des Atomgewichts der organischen Basen (Liebig). Sie hinterlassen nach dem Glühen metallisches Platin, aus dessen Menge sich leicht das Atomgewicht des Doppelsalzes berechnen läßt. Das des Platinchlorids hiervon abgezogen, gibt die Atomzahl des salzsauren Salzes der organischen Basis, d. h. die Summe der Atome seiner Bestandtheile: der Salzsäure und der Basis. Von dem Atomgewicht des Doppelsalzes hat man also das des Platinchlorids und das der Salzsäure abzuziehen, um dasjenige der Basis zu erhalten. Es hinterlassen z. B. 0,784 Morphinplatinchlorid 0,153 Grm. Platin; wenn man hieraus berechnet, in wieviel Doppelsalz 1 At. oder 1233,30 Platin enthalten ist, so findet man die Zahl 6320,6, welche das Gewicht von 1 At. Morphinplatinchlorid ausdrückt. Zieht man von dieser Zahl ab: das Gewicht von 1 At. Platinchlorid = 2118,8 und das Gewicht von 1 At. Salzsäure = 455,13, zusammen also 2573,93, so erhält man die Zahl 3746,67 für das Gewicht von 1 At. Morphin. In dem Morphinplatinchlorid sind demnach

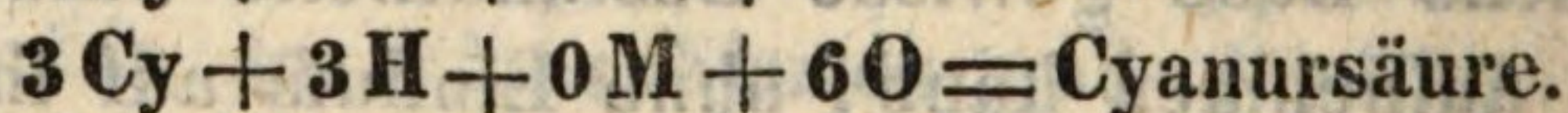
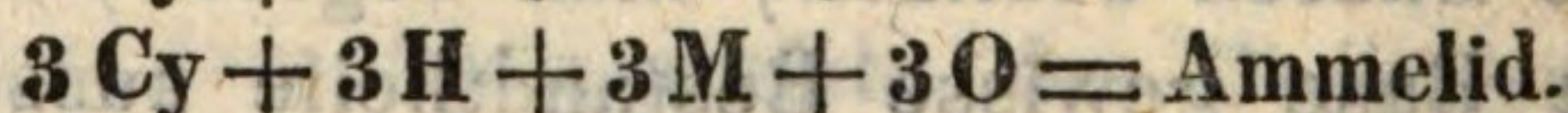
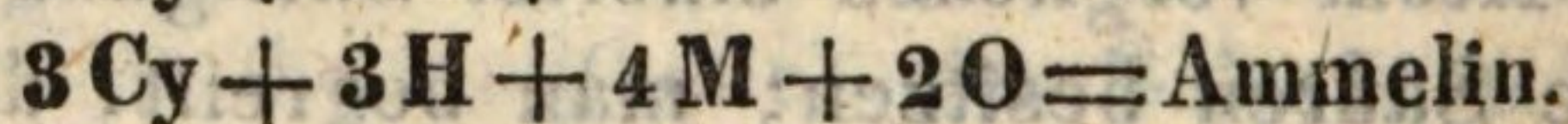
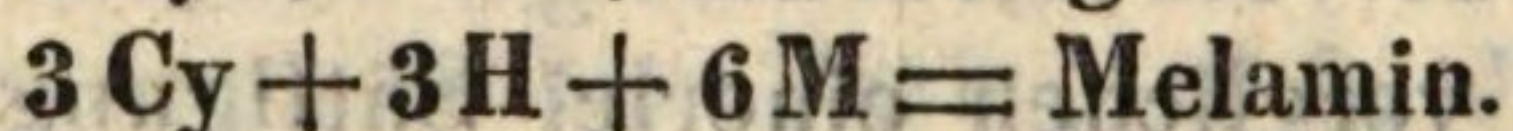
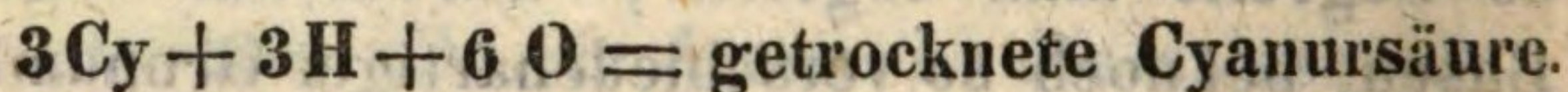
enthalten: 1 At. salzsaures Morphin = 4210,80, verbunden mit 1 At. Platinchlorid = 2118,8 (Liebig).

121. Das Gewicht von 1 At. einer organischen Basis muß begreiflicher Weise eine ganze Anzahl Atome eines jeden ihrer Bestandtheile enthalten. Was dieß nun für Bestandtheile sind und wie viel Atome von einem jeden derselben in die Verbindung eingehen, ergibt sich aus dem Resultate der organischen Analyse. Wir werden darauf später zurückkommen.

122. Wenn man die Salze der organischen Basen als Verbindungen electronegativer mit electropositiven Radikalen betrachtet (117); wenn man zugleich erwägt, daß in der Verbindung eines electronegativen Radikals mit Wasserstoff, in einer Wasserstoffsäure, der Wasserstoff nicht durch die organische Base vertreten werden kann, sondern, daß er sich damit zu einem dem Ammonium ähnlichen Radikale vereinigt; so begreift man sogleich, warum die organischen Basen, bei noch so verschiedenartiger Grundmischung, Atom mit Atom verglichen einerlei Sättigungscapacität für die Säuren besitzen; man begreift, daß eine organische Base gewisse Bestandtheile ausscheiden, andere aufnehmen kann, ohne Einfluß auf ihr Sättigungsvermögen, ganz so, wie die Wasserstoffsäuren bei noch so verschiedenartiger Zusammensetzung einerlei Sättigungsvermögen besitzen, so lange das Verhältniß des vertretbaren Wasserstoffs unverändert bleibt.

123. Ein sehr instructives Beispiel in dieser Hinsicht ist das Melamin. Wird Melamin in concentrirter Schwefelsäure in der Wärme gelöst (Liebig) und unter Zusatz von Wasser eine Zeitlang gekocht, so zerlegt es sich mit Zuziehung von 3 At. Wasser in Cyanursäure und Ammoniak. Dieser Uebergang

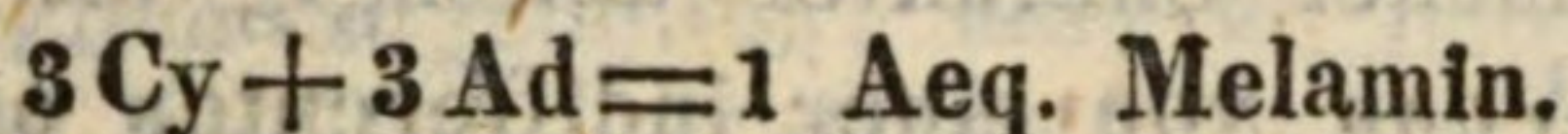
findet ebenfalls durch die Einwirkung von verdünnten Säuren statt; aber man bemerkt hierbei das Auftreten zweier intermediären Verbindungen, die ebenfalls Basen sind, des Ammelins und Ammelids. Der Vorgang bei dieser Zersetzung ist folgender. Bei der ersten Einwirkung der Säure wird eine gewisse Menge Stickstoff und Wasserstoff entzogen, und ersetzt durch Sauerstoff; das Melamin geht hierdurch in Ammelin über. Durch eine weitere Entziehung von Stickstoff und Wasserstoff und Ersetzung derselben durch Sauerstoff entsteht Ammelid, und zuletzt aus dem Ammelid Cyanursäure. In allen diesen Umwandlungen sehen wir auf 1 At. Sauerstoff, welches in die Verbindung eingeht, 1 At. Stickstoff und 1 At. Wasserstoff austreten. Bezeichnen wir die Summe dieser beiden austretenden Atome mit M; 1 Aeq. Cyan mit Cy; 1 Aeq. Wasserstoff mit H und 1 Aeq. Sauerstoff mit O, so läßt sich der Vorgang in folgender Weise versinnlichen:



Diese 3 Basen besitzen, Atom für Atom genommen, ganz gleiches Sättigungsvermögen. Aber das Melamin, welches keinen Sauerstoff enthält, ist unter ihnen die stärkste Basis; mit dem Austritte von M und der Aufnahme von Sauerstoff vermindert sich stufenweise die basische Kraft und wir erhalten endlich eine Verbindung begabt, mit den Eigenschaften einer starken organischen Säure*).

*) Chemisches Wörterbuch von L. und P. Art. organische Basen.

124. Man kann sich das Melamin als eine Verbindung von 3 Aeq. Cyan mit einer eigenthümlichen Stickstoff-Wasserstoffverbindung, welche auf 1 At. Stickstoff 2 At. Wasserstoff enthält, und die Amid genannt wird, vorstellen. Bezeichnen wir 1 Aeq. Amid = 4 At. Wasserstoff + 2 At. Stickstoff mit Ad, so ist



3 Cy mit 3 O (3 Aeq. Sauerstoff) gibt die wasserfreie Cyanursäure; das Cyan für sich ist ebenfalls ein electronegativer Körper. Es ist also ganz gewiss, daß die basischen Eigenschaften des Melamins von seinem Amidgehalte herrühren. Das Amid läßt sich als ein Radikal betrachten, welches, ähnlich dem Wasserstoff, denjenigen Körpern, womit es Verbindungen eingeht, basische Eigenschaften ertheilt oder doch ihr electronegatives Verhalten (wenn es electronegative Radikale sind) vermindert. Das Ammoniak selbst ist eine Verbindung von 1 Aeq. Amid + 1 Aeq. Wasserstoff. Dieser Wasserstoff kann durch Kalium und Natrium vertreten werden und man erhält Kalium- und Natrium-Amid, Körper von durchaus electropositivem Charakter.

Oxalsaures Ammoniak, der trocknen Destillation unterworfen, verliert 2 Aeq. Wasser und verwandelt sich in einen Körper, Oxamid genannt, der auf 2 Aeq. Kohlen- und 2 Aeq. Sauerstoff 1 Aeq. Amid enthält.

Äehnliche Verbindungen erhält man aus andern Ammoniaksalzen. Es sind ganz indifferente Stoffe, oder der electronegative Charakter der Säureradikale ist durch die entgegengesetzten Beziehungen des Amids vollständig ausgeglichen worden.

Der Harnstoff enthält Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff in solchem Verhältnisse, daß man ihn aus 2 Aeq. Kohlenstoff, 2 Aeq. Sauer-

stoff und 2 Aeq. Amid zusammengesetzt betrachten kann; d. h. das electronegative Radikal des Oxamids ist hier mit 2 Aeq. Amid verbunden. Der Harnstoff ist aber eine Salzbasis.

Es ist denkbar, daß alle stickstoffhaltigen organischen Basen Amidverbindungen sind, und daß hiervon ihr basischer Charakter abhängig ist (Liebig).

125. Wenn von einer indifferenten organischen Substanz der Ursprung und ihre näheren Bestandtheile nachweisbar sind, wie z. B. vom Oxamid, so läßt sich ihre Atomzahl leicht bestimmen. Wenn aber ein Körper keine weiteren Verbindungen eingeht und auch seine näheren Bestandtheile unbekannt sind, so besitzen wir auch kein Mittel zu einer mehr oder weniger wahrscheinlichen Festsetzung seines Atomgewichtes. Man kann in solchen Fällen, nach vorausgegangener organischer Analyse, nur das relative Atomverhältniß der Elemente feststellen.

Von den chemischen Zeichen und Formeln.

126. Der große Umfang, welchen die Chemie in neueren Zeiten durch zahllose Entdeckungen erhalten hat, verbunden mit der Mangelhaftigkeit der chemischen Nomenclatur, wodurch es oft kaum möglich wird, eine Verbindung so auszudrücken, daß man einen bestimmten Begriff derselben bekommt, oder man doch gezwungen ist, so weitläufige Umschreibungen zu wählen, daß, was etwa dadurch an Bestimmtheit gewonnen wird, wieder an Deutlichkeit

verloren geht; dieß alles hat das Bedürfnis sehr fühlbar gemacht, chemische Zusammensetzungen auf eine kürzere und bequemere, aber doch so klare und bestimmte Weise auszudrücken, daß sie beim ersten Anblick jedermann verständlich werden.

Diesem Bedürfnisse hat Berzelius dadurch sehr glücklich abgeholfen, daß er jedem einfachen Körper ein besonderes Zeichen beilegte, welches sein Verhältnißgewicht ausdrückt. Zu diesen Zeichen nimmt er die Anfangsbuchstaben der lateinischen Namen der einfachen Stoffe. Da indessen mehrere Stoffe mit denselben Buchstaben anfangen, so setzt er in diesem Falle noch außerdem den ersten Buchstaben hinzu, welchen sie nicht gemeinschaftlich haben. Bei den Metalloiden jedoch wird, mit Ausnahme des Chlors, Broms und Siliciums, kein Buchstabe beigelegt.

127. Hiernach erhalten die einfachen Körper folgende Zeichen:

O. Sauerst. (Oxygenium).	Cr. Chrom.
H. Wasserstoff (Hydrogenium).	V. Vanadium.
	Mo. Molybdän.
N. Stickst. (Nitrogenium).	W. Wolfram.
S. Schwefel.	Sb. Antimon (Stibium).
P. Phosphor.	Te. Tellur.
Cl. Chlor.	Ta. Tantal.
I. Iod.	Ti. Titan.
F. Fluor.	Os. Osmium.
C. Kohlenstoff (Carbonium).	Au. Gold (Aurum).
	Ir. Iridium.
Br. Brom.	R. Rhodium.
B. Bor.	Pt. Platin.
Si. Kiesel (Silicium).	Pd. Palladium.
Se. Selen.	Hg. Quecksilber (Hydrargyrum).
As. Arsenik.	

Ag. Silber (Argentum).	Ce. Cerium.
U. Uran.	Al. Aluminium.
Cu. Kupfer (Cuprum).	Th. Thorium.
Bi. Wismuth (Bismuthum).	Zr. Zirkonium.
La. Lanthan.	Y. Yttrium.
Sn. Zinn (Stannum).	Be. Beryllium.
Pb. Blei (Plumbum).	Mg. Magnesium.
Cd. Cadmium.	Ca. Calcium.
Zn. Zink.	Sr. Strontium.
Co. Kobalt (Cobaltum).	Ba. Baryum.
Ni. Nickel.	L. Lithium.
Fe. Eisen (Ferrum).	Na. Natrium.
Mn. Mangan.	K. Kalium.

128. Um nun die Verbindung zweier einfachen Stoffe auszudrücken, verbindet man ihre Symbole entweder durch das Zeichen (+), oder man setzt sie auch geradezu nebeneinander, jedoch immer in der Art, daß der electropositive Körper voransteht, z. B. Kali heißt $K+O$ oder auch KO ; Eisenoxydul $Fe+O$ oder auch FeO . Vereinigt sich ein Stoff zu mehreren Aequivalenten mit einem andern, so deutet man dieß an, indem man seinem Zeichen zur Rechten, etwas über der Linie erhoben, nach Art der Exponenten in der Algebra eine Zahl hinschreibt, die der Anzahl von Aequivalenten entspricht, welche in die Mischung eingehen. Z. B. SnO^2 bedeutet Zinnoxid; Fe^2O^3 Eisenoxyd. Statt dieser von Berzelius ursprünglich eingeführten Bezeichnungsweise, haben viele Chemiker vorgezogen, die Zahl, welche die Anzahl vorhandener Atome eines Stoffs andeutet, etwas unter die Linie zu setzen, und schreiben demgemäß z. B. für Zinnoxid SnO_2 , für Eisenoxyd Fe_2O_3 . Um zu bezeichnen, daß mehrere Aequivalente einer Verbindung vorhanden sind, setzt man vor ihre Formel eine entsprechende Zahl, z. B. $2N^2O^5$ oder $2N_2O_5$.

heißt 2 Aeq. Salpetersäure. Uebrigens kann sich eine Zahl, die zur Linken einer Formel steht, nur auf diejenigen Zeichen beziehen, welche unmittelbar neben einander geschrieben sind. Kommen daher in einem Ausdrücke $+$ -Zeichen vor, so muß man, wenn die vorgesetzte Zahl sich auf die ganze Formel beziehen soll, dieselbe in Parenthesen einschließen. Z. B. ein Verhältnistheil Salpetersäure kann bezeichnet werden durch $2\text{N} + 5\text{O}$, dagegen 2 Verhältnistheile heißt $2(2\text{N} + 5\text{O}) = 2\text{N}^2\text{O}^5$.

129. Da in sehr vielen Verbindungen Doppelatome vorkommen, so schlägt Berzelius vor, theils um die Formeln zu vereinfachen, theils um ihre Deutlichkeit zu vermehren, diesen Doppelatomen besondere Bezeichnungen zu geben, welche darin bestehen, daß man im unteren Drittel des Zeichens für das einfache Aequivalent einen geraden Strich zieht; z. B. H heißt nach Berzelius 2 At. Wasserstoff; Cl. 2 At. Chlor; Fe. 2 At. Eisen.

Diese Anordnung gewährt im Grunde nur bei denjenigen Stoffen, bei welchen 2 Atome $= 1$ Aequivalent, nämlich bei Wasserstoff, Chlor, Brom, Iod und Fluor, einen wesentlichen Vortheil. Da nun aber zum Zwecke des Gebrauchs die theoretische Ansicht, welche wir uns von der GröÙe der Atomzahl gebildet haben, ganz gleichgültig ist; da der Hauptzweck der Formeln kein anderer seyn soll, als uns einen raschen Ueberblick über die chemische Zusammensetzung der Körper zu gestatten, und uns in den Stand zu setzen, chemisch gleichgeltende Gewichte verschiedener Körper leicht zu erkennen, so haben wir in diesem Buche 2 At. oder 1 Aeq. der erwähnten Körper durch die einfachen Buchstaben H, Cl, Br, I und F bezeichnet. Ihre durchstrichenen Symbole sind dadurch entbehrlich geworden.

130. Endlich da bei weitem der grösste Theil der zusammengesetzten Körper Sauerstoff- oder Schwefelverbindungen sind, so lassen sich nach Berzelius die Formeln dadurch bedeutend verkürzen, daß man oberhalb der Radikale die Anzahl der Sauerstoffäquivalente mit Punkten, die der Schwefeläquivalente mit Kommaten bezeichnet. Besonders kann dieß bei den zusammengesetzteren Sauerstoffverbindungen einige Bequemlichkeit gewähren.

So bezeichnet man Baryterde nicht nur durch BaO , sondern auch durch Ba ; Schwefelsäure nicht nur durch SO^3 , sondern auch durch S ; Eisenoxyd nicht nur durch $\text{Fe}^2 \text{O}^3$ oder Fe O^3 , sondern auch durch Fe ; schwefelsaures Bleioxyd nicht nur durch $\text{SO}^3 + \text{PbO}$ oder PbSO^4 , sondern auch durch Pb.S u. s. w. Will man die Anzahl Sauerstoffatome nicht durch Punkte über den Symbolen, die Sauerstoffsalze aber gleichwohl als Verbindungen zweier Oxyde ausdrücken, so kann man Oxyd und Säure in der Formel durch einen Punkt trennen. Z. B. ein Atom schwefelsaures Bleioxyd ist PbO.SO^3 .

Mit Leichtigkeit läßt sich nun jeder, auch der allerzusammengesetzteste Körper auf eine bequeme und faßliche Weise anschreiben. Z. B. für krystallisirtes kohlensaures Natron hat man die Formel $\text{CNa} + 10\text{H}$ oder $\text{CO}^3\text{Na} + 10\text{HO}$, welche ausdrückt, ein Verhältnistheil trocknes kohlensaures Natron sey mit 10 Verhältnistheilen Krystallwasser zusammengetreten; die Formel des Alauns ist $\text{K S} + \text{Al S}^3 + 24\text{H}$ oder $\text{KSO}^4 + \text{Al}^2 \text{S}^3 \text{O}^{12} + 24\text{HO}$, woraus man augenblicklich sieht, daß in diesem Körper auf 1 At. schwefelsaures Kali 1 At. schwefelsaure Alaunerde und 24 At. Wasser kommen.

131. Wenn von einem zusammengesetzteren

Körper das Verhältniß der Bestandtheile nur nach Prozenten bekannt ist, so läßt sich seine Formel dadurch berechnen, daß man den Sauerstoff der einzelnen Bestandtheile vergleicht, wenn er eine Verbindung von Oxyden ist, oder ihren Schwefel, wenn er eine Verbindung geschwefelter Körper ist u. s. w.

Beispiele:

1) Der Olivin besteht in 100 Theilen aus 42,7 Kieselsäure und 57,3 Talkerde. Beide Bestandtheile enthalten gleichviel Sauerstoff, nämlich 22,2. Nun aber weiß man, daß die Sättigungscapacität der Kieselsäure in ihren neutralen Salzen $\frac{1}{3}$ ihres Sauerstoffs ist. Folglich findet sich im Olivin 3mal die Basismenge eines neutralen Salzes, oder er ist aus 1 Aeq. Kieselsäure und 3 Aeq. Talkerde zusammengesetzt. Daher seine Formel $\text{Si} + 3 \text{Mg}$ oder Si Mg^3 .

2) Das krystallisirte saure schwefelsaure Kali ist eine Verbindung von 55,19 Theilen Schwefelsäure, 32,48 Theilen Kali und 12,33 Theilen Wasser. Der Sauerstoffgehalt dieser 3 Bestandtheile beträgt: 33,030; 5,505; 11,010, d. h. die Schwefelsäure enthält 6mal und das Wasser 2mal so viel Sauerstoff wie das Kali. Da nun die Schwefelsäure des neutralen schwefelsauren Kalis 3mal den Sauerstoff des Kalis in sich faßt, so folgt, daß das saure Salz die doppelte Menge Schwefelsäure aufgenommen hat, also aus 2 Aeq. Säure auf 1 Aeq. Base besteht. Hierzu kommen noch 2 Aeq. Wasser, denn da der Sauerstoff von 1 Aeq. Kali dem von 1 Aeq. Wasser gleich ist, so muß die doppelte Menge Sauerstoff des Wassers 2 Aeq. entsprechen. Demnach ergibt sich die Formel $\text{K}\text{S}^2 + 2\text{H}$ oder $\text{KSO}^4 + \text{HSO}^4 + \text{HO}$.

3) Der Feldspath ist zusammengesetzt aus :

16,7 Theilen Kali deren Sauerstoff = 2,83 — 1

18,1 — Alaunerde — = 8,47 — 3

65,2 — Kieselsäure — = 33,9 — 12

Also der Sauerstoff des Kali ist 3mal in dem der Thonerde und 12mal in dem der Kieselsäure enthalten. Daraus sieht man leicht, daß der Feldspath eine Verbindung von 1 Aeq. kieselsaurem Kali mit 1 Aeq. kieselsaurer Thonerde ist, und daß seine Formel seyn muß $\text{KSi} + \text{AlSi}^3$ oder $\text{KSiO}^4 + \text{M}^2\text{Si}^3\text{O}^{12}$ oder auch $\text{K Si O}_4 + \text{M}_2 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$.

132. Bei Vergleichung des Sauerstoffs der Bestandtheile einer Verbindung wird man zwar nur selten so genaue Verhältnisse auffinden, wie in den vorliegenden Beispielen, da durch Versuche nicht leicht der höchste Grad der Genauigkeit erreicht werden kann. Wenn indessen die Abweichung von einem bestimmten Verhältnisse nicht mehr beträgt, als den unvermeidlichen Fehlern der Analyse zugemessen werden kann, so darf man ein solches Verhältniß immer als das richtige betrachten. Z. B. aus einer Analyse des Anneroder Harmotoms (Berzelius Jahr. 5. Ste. 214) ergaben sich folgende Bestandtheile desselben:

53,07 Thl. Kieselerde, der. Sauerst. = 27,59... 14 oder 42

21,31 — Thonerde, — — = 9,96... 5 — 15

6,67 — Kalkerde, — — = 1,87... 1 — 3

0,39 — Baryterde

0,56 — Eisen- und Manganoxyd

17,09 — Wasser, dessen Sauerst. = 15,20... 8 — 24

Aus dieser Zusammensetzung kann man für den Harmotom die Formel berechnen $\text{Ca}^3 \text{Si}^4 + 5 \text{Al Si}^2 + 24 \text{H}$; wenn man annimmt, der Sauerstoff der Kalkerde sey 5mal in dem der Thonerde, 14mal in dem der Kieselerde und 8mal in dem des Wassers

enthalten. Diese Annahme ist zwar zu Folge der Analyse nicht streng richtig, allein die Abweichung von der Wahrheit übersteigt nicht die Gränze der möglichen Beobachtungsfehler. Bestandtheile, die in so geringen Mengen vorhanden sind, wie hier Baryt und Eisenoxyd, werden als zufällige Einmengungen betrachtet.

133. Ich habe schon die merkwürdige Eigenschaft erwähnt, welche manche Körper von gleichartiger Zusammensetzung besitzen, sich in ihren weiteren Verbindungen dergestalt ersetzen zu können, daß nicht nur das stöchiometrische Verhältniß derselben ungeändert bleibt, sondern daß sie sogar in gleichen Krystallformen vorkommen. So bilden Alaunerde, Eisenoxyd, Manganoxyd und Chromoxydul mit Schwefelsäure und Kali Doppelsalze von durchaus ähnlicher Beschaffenheit und für alle gilt die Formel $\dot{K} \ddot{S} + \ddot{R} \ddot{S}^3 + 24 H$, wo R das electropositive Radikal von einem jener 4 Oxyde bedeutet.

Desgleichen gibt es schwefelsaure Doppelsalze, worin Kali unveränderlich ist, aber Talkerde, Manganoxydul, Eisenoxydul, Zinkoxyd, Kobaltoxyd, Nickeloxyd mit einander abwechseln können, und die sich alle unter die Formel fügen $\dot{K} \ddot{S} + \ddot{R} \ddot{S} + 6 H$.

Besonders häufig wird ein solcher Austausch eines Bestandtheils ohne Aenderung der Proportion und Form bei den natürlichen Doppelsilicaten wahrgenommen. Z. B. die Formel für den Feldspath ist $\ddot{R} \ddot{Si} + \ddot{Al} \ddot{Si}^3$; ob aber das Radikal Kalium oder Natrium sey, ist ganz gleichgültig.

Für die Zusammensetzung des Granats hat man die Formel $\ddot{R}^3 \ddot{Si} + \ddot{R} \ddot{Si}$; R im ersten Gliede kann aber nur Kalkerde, Talkerde, Eisenoxydul und Manganoxydul, hingegen R im zweiten Gliede Alaunerde oder Eisenoxyd bezeichnen.

Ausserdem findet man sehr gewöhnlich bei dergleichen Doppelsalzen, dass einer der Bestandtheile durch, ihm isomorphe Substanzen nicht ganz, sondern nur theilweise und zwar wie es scheint in sehr unbestimmten und mannigfaltigen Verhältnissen verdrängt wird, ohne dass übrigens hierdurch der Charakter der Verbindung gestört würde; z. B. die Zusammensetzung der Chabasie ist durch die Formel $\text{R}^3\text{Si}^2 + 3\text{AlSi}^2 + 18\text{H}$ ausgedrückt, jedoch selten oder nie bedeutet R eine einzige Base, sondern Kalk, Kali und Natron ersetzen sich hier in sehr verschiedenen Verhältnissen. Bald ist Kalk vorherrschend und nur ein kleiner Theil Kali oder Natron vorhanden, bald haben Kali und Natron den Kalk grösstentheils verdrängt.

134. Da die organischen Körper grösstentheils dieselben Bestandtheile und nur in verschiedenen Verhältnissen enthalten; da sogar manche organische Stoffe bei sehr verschiedenem Verhalten ganz gleiche procentische Zusammensetzung besitzen: so erhält man durch die chemische Formel allein nicht immer eine hinlänglich deutliche Vorstellung des Körpers, welchen sie bezeichnen soll. Z. B. $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3$ bedeutet 1 At. oder Aequivalent Bernsteinsäure; $\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_{10}$ bedeutet 1 At. Weinsäure, aber auch sein Aequivalent an Traubensäure.

Berzelius hat daher für die organischen Säuren und Basen besondere Symbole gewählt. Sie bestehen aus den Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Namen, so jedoch, dass man über diesen Buchstaben bei den Säuren das Zeichen —, bei den Basen das Zeichen + setzt; wodurch sogleich der electronegative oder electropositive Charakter der bezeichneten Substanz ersichtlich wird. Wir setzen z. B.

1 At. (hypothetisch trockne) Essigsäure $= \text{C}_4\text{H}_3\text{O}_3 = \bar{\text{A}}$.

1 At. wirkliche Essigsäure oder Essigsäurehydrat = $\text{H O } \overline{\text{A}}$ oder auch $\text{H } \overline{\text{A}}$.

1 Atom essigsaures Blei = $\text{Pb O } \overline{\text{A}}$.

1 At. krystallisirtes essigsaures Blei = $\text{Pb O } \overline{\text{A}} + 3 \text{H O}$
oder auch $\text{Pb O } \overline{\text{A}} + 3 \text{aq.}$

Eben so schreibt man 1 At. Weinsäure (acidum tartaricum) = $\text{C}_8 \text{H}_4 \text{O}_{10} = \overline{\text{T}}$;

1 At. Harnsäure (acidum uricum) = $\text{C}_{10} \text{H}_4 \text{N}_8 \text{O}_6 = \overline{\text{U}}$.

Man schreibt ferner:

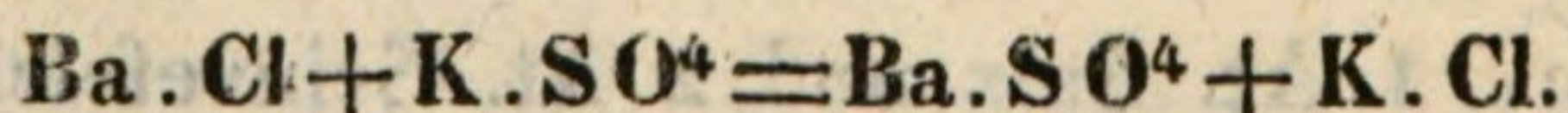
1 At. Chinin = $\overset{+}{\text{Ch}} = \text{C}_{20} \text{H}_{12} \text{N}_2 \text{O}_2$;

1 At. Cinchonin = $\overset{+}{\text{Ci}} = \text{C}_{20} \text{H}_{12} \text{N}_2 \text{O}$; u. s. w.

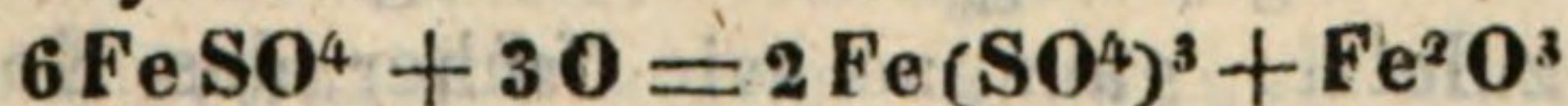
135. Man wird sich aus dem Vorhergehenden vollkommen überzeugt haben, daß die chemischen Formeln den Charakter der chemischen Verbindungen, insbesondere der zusammengesetzteren, auf eine ungleich bestimmtere und befriedigendere Weise ausdrücken, als dieß durch die vollständigste Nomenklatur geschehen könnte. Die chemischen Formeln gewähren aber auch dadurch einen ungemein großen Nutzen, daß sie uns in den Stand setzen, die Resultate chemischer Zersetzungsprocesse leichter zu übersehen und selbst dem Anfänger auf eine faßliche Weise vor Augen zu stellen.

Beispiele.

Chlorbarium und schwefelsaures Kali zusammen gemischt verwandeln sich in schwefelsauren Baryt und Chlorkalium.

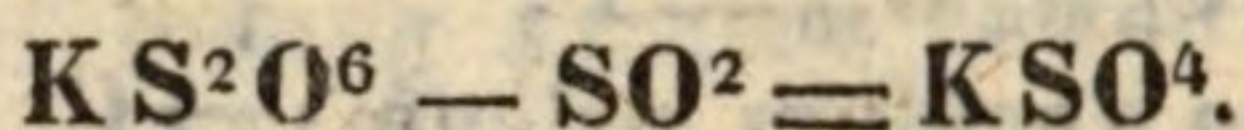


Schwefelsaures Eisenoxydul an der Luft verwandelt sich unter Aufnahme von Sauerstoff in schwefelsaures Eisenoxyd und scheidet $\frac{1}{3}$ seines Eisengehaltes als Oxyd ab.

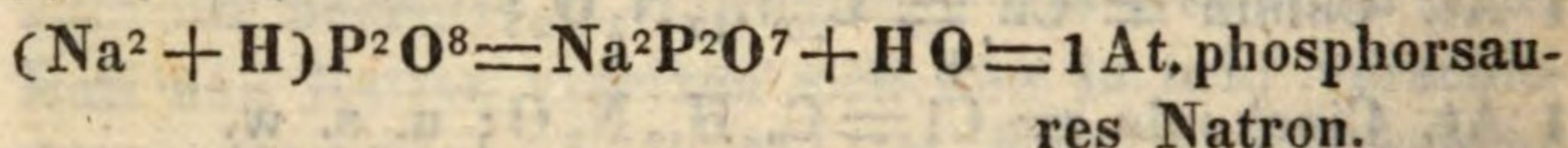


d. h. 6 Atome Eisenvitriol setzen sich um in 2 At. schwefelsaures Eisenoxyd, und 2 At. Eisen, die ausgeschieden werden, ziehen aus der Luft 3 At. Sauerstoff an.

Unterschwefelsaures Kali, durch Glühen, verwandelt sich in schwefelsaures Kali, und schweflige Säure entweicht.

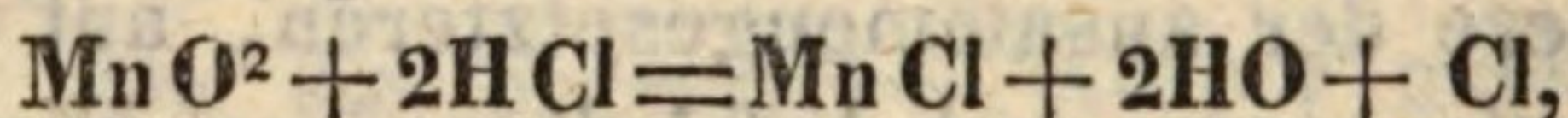


Neutrales phosphorsaures Natron geglüht gibt pyrophosphorsaures Natron:



$Na^2 P^2 O^7 = 1 \text{ At. pyrophosphorsaures Natron.}$

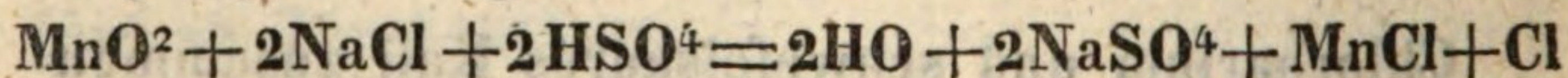
Braunstein ($Mn O^2$) und Salzsäure ($H Cl$) setzen sich um in Manganchlorür und in freies Chlor;



denn der Sauerstoff von 1 At. Braunstein oxydirt den Wasserstoff von 2 At. Salzsäure, und das Mangan verbindet sich nur mit der Hälfte des frei werdenden Chlors.

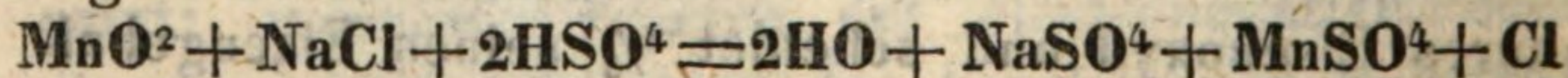
Was geht vor, wenn, an der Stelle von Salzsäure, Kochsalz und Schwefelsäure ($H SO^4$) mit dem Braunstein vermengt wird?

So lange noch Kochsalz vorhanden, läßt sich der Hergang auf folgende Art versinnlichen:



d. h. von je 2 Aeq. Chlor wird das 1 frei.

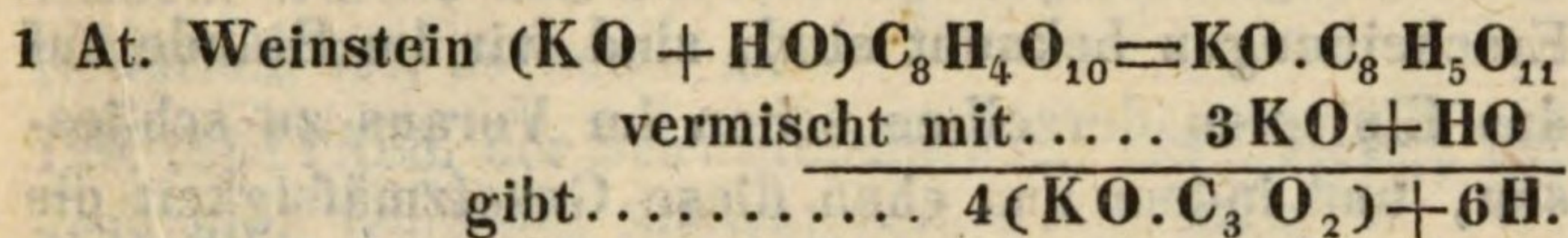
Hatte man die 3 Stoffe im Verhältnisse von 1 At. Braunstein, 1 At. Salz und 2 At. Schwefelsäure zusammengebracht; so läßt sich das End-Resultat auf folgende Art darstellen:



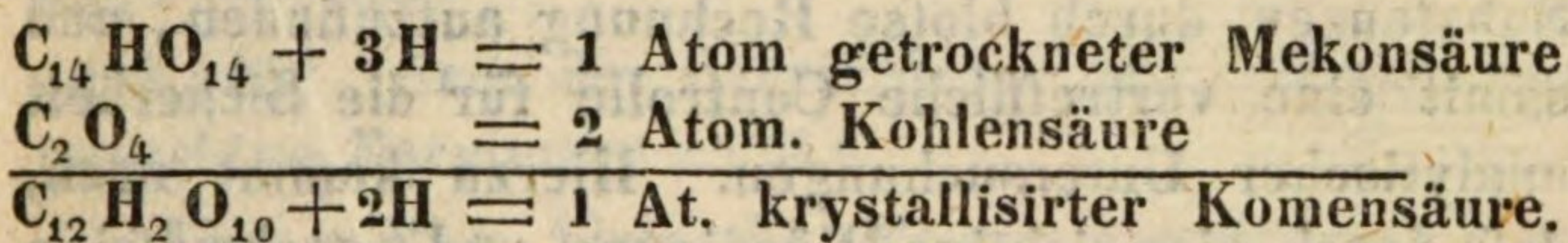
Das anfänglich gebildete Manganchlorür wird nämlich zuletzt, ganz so wie früher das Kochsalz,

durch die Schwefelsäure zersetzt und dadurch alles Chlor abgeschieden.

Eine Auflösung von Weinstein, mit Aetzkali erhitzt, setzt sich unter Entwicklung von Wasserstoffgas in oxalsaures Kali um.



Mekonsäure, eine dreibasische Säure, mit starker Salzsäure erhitzt, verliert Kohlensäure und bildet die zweibasische Komensäure:



2 Atome Kohlensäure haben sich also von dem Radikal der Mekonsäure getrennt, und 1 Aequivalent des vertretbaren Wasserstoffs ist in die Constitution dieses Radikals eingegangen.

Man findet am Ende dieses Buches Tabellen angehängt, in welchen diejenigen Körperverbindungen, sowohl aus der unorganischen wie organischen Natur, welche häufig vorkommen, oder welche für den praktischen Chemiker eine besondere Wichtigkeit haben, mit ihren Formeln und Atomzahlen angegeben sind

Anwendungen der Stöchiometrie.

136. Wiewohl die Stöchiometrie in wissenschaftlicher Hinsicht als der wichtigste Theil der Chemie mit Recht betrachtet werden kann und daher schon

in dieser Beziehung hinreichendes Interesse erwecken muß, so wird doch auch ihr praktischer Werth Niemanden entgehen, der mit ihren Grundsätzen einigermaßen vertraut ist. Erst seit wir mit der bewunderungswürdigen Gesetzmäßigkeit in chemischen Erscheinungen bekannt sind, sind wir im Stande auf das Eintreten derselben schon im Voraus zu schließen, und indem uns eben diese Gesetzmäßigkeit die bestimmtesten Regeln erkennen läßt, nach welchen der grössere Theil der Naturkörper zusammengesetzt ist, besitzen wir Mittel, die Verbindungsweise vieler Substanzen durch bloße Rechnung aufzufinden, und somit eine vortreffliche Controlle für die Sicherheit analytischer Untersuchungen. Hierzu kommt noch, daß durch eine richtige Würdigung und zweckmäßige Benutzung der stöchiometrischen Werthe die bei analytischen Untersuchungen nothwendigen Berechnungen überaus vereinfacht werden.

137. Die stöchiometrischen Werthe und die chemischen Formeln der Körper dienen dem praktischen Chemiker statt einer zahllosen Menge anderer Angaben von der quantitativen Zusammensetzung derselben, um mit möglichster Bequemlichkeit und Schnelligkeit alle Verbindungsverhältnisse zu berechnen. Wer in chemischen Berechnungen schon einige Uebung erlangt hat, wird sich zu diesem Zwecke in allen Fällen selbst die vortheilhaftesten Methoden mit Leichtigkeit zu entwickeln vermögen. Um jedoch dieses Werkchen möglichst gemeinnützig zu machen und auch den weniger Geübten in das Wesen der stöchiometrischen Rechnungen einzuführen, füge ich die folgenden Aufgaben bei.

138. 1) Gesetzt, man wünscht die Menge schwefelsauren Baryts zu bestimmen, die aus 100 Theilen trocknem Chlorbaryum durch Zersetzung mit Schwe-

felsäure erhalten wird. Das Aeq. des Chlorbaryums $\equiv 1299$, des schwefelsauren Baryts $\equiv 1458$, so hat man $1299 : 1458 \equiv 100 : (\text{Menge d. schwefels. Baryts}) \equiv 112,2$.

Wollte man bloß die Menge der Schwefelsäure wissen, welche zur Zersetzung des Chlorbaryums erforderlich ist, so setze man

$1299 : 501 (\text{Aeq. der Schwefelsäure}) \equiv 100 : (\text{Menge der gesuchten trocknen Schwefelsäure}) \equiv 38,9$.

Um auszumitteln, wie viel Baryterde aus 100 Theilen Chlorbaryum gewonnen werden könnte, dient die Proportion

$1299 : 957 (\text{Aeq. der Baryterde}) \equiv 100 : (\text{Menge der gesuchten Baryterde}) \equiv 73,6$.

Um endlich bloß die Menge des Baryums zu bestimmen sage man

$1299 : 857 (\text{Aeq. des Baryums}) \equiv 100 : (\text{Menge des gesuchten Baryums}) \equiv 65,9$.

Angenommen, man wolle sich, statt freier Schwefelsäure, zur Zersetzung des Chlorbaryums eines schwefelsauren Salzes, z. B. des neutralen schwefelsauren Kalis bedienen; so findet man die dazu erforderliche Menge aus folgender Proportion:

$1299 : 1091 \equiv 100 : x \equiv 84$ (schwefels. Kali)

wo 1091 das Aequivalent des neutralen schwefelsauren Kalis bedeutet.

2) Wie viel kohlsaures Kali, Natron oder Ammoniak ist erforderlich, um die Thonerde aus 180 Theilen Alaun abzuscheiden? Der Alaun ist eine Verbindung von 1 Aeq. schwefelsaurer Thonerde mit 1 Aeq. schwefelsauren Kalis und 24 Aeq. Wasser. Seine Verhältnisszahl beträgt 5936.

Die neutralen Salze der Alkalien sind, wie überhaupt diejenigen aller stärkeren Salzbasen aus

1 Aeq. Basis und 1 Aeq. Säure zusammengesetzt. Anders verhält es sich aber mit den Neutralsalzen der Thonerde. Die Thonerde besteht aus 2 Aeq. Aluminium und 3 Aeq. Sauerstoff, und gleicht hierin mehreren der schwächeren Salzbasen. Nothwendig muß sie daher, um ein neutrales Salz zu bilden, worin die Sättigungscapacität der Säure mit der derselben Säure in andern Neutralsalzen übereinstimmt, 3 Aequivalente Säure aufnehmen. Demnach enthält die neutrale schwefelsaure Thonerde 3 Aeq. Schwefelsäure auf 1 Thonerde und es sind 3 Aequivalente eines Alkalis nöthig, um letztere aus 1 Aequivalente Alaun auszuschcheiden. Diesen Voraussetzungen entsprechen nachfolgende Proportionen:

5937 : 3 . 866 (Aeq. des kohlens. Kalis) = 180 :
(gesuchte Menge kohlens. Kalis)

5936 : 3 . 667 (Aeq. des kohlens. Natrons) = 180 :
(gesuchte Menge kohlens. Natrons)

5936 : 3 . 490 (Aeq. des kohlens. Ammoniaks) = 180 :
(gesuchte Menge kohlens. Ammoniaks)

und man findet hieraus, daß, um die Thonerde aus 180 Theilen Alaun zu erhalten, man 78,7 Theile kohlensaures Kali, 60,6 kohlensaures Natron und 44,6 kohlensaures Ammoniak bedarf*).

Bei diesen Berechnungen wurden die Alkalien in ihrem wasserfreien Zustande betrachtet; nun aber kommt das kohlensaure Natron oft mit Krystallwas-

*) Diese Resultate zeigen zugleich, daß, wenn im Großen zu irgend einem Zersetzungsprocesse Alkalien angewendet werden müssen und es rücksichtlich der Operation selbst gleichgültig ist, welches Alkalis man sich bedient, es vortheilhaft seyn wird, das Natron dem Kali und beiden das Ammoniak vorzuziehen, weil man verhältnißmäfsig von letzterem bei weitem am wenigsten braucht.

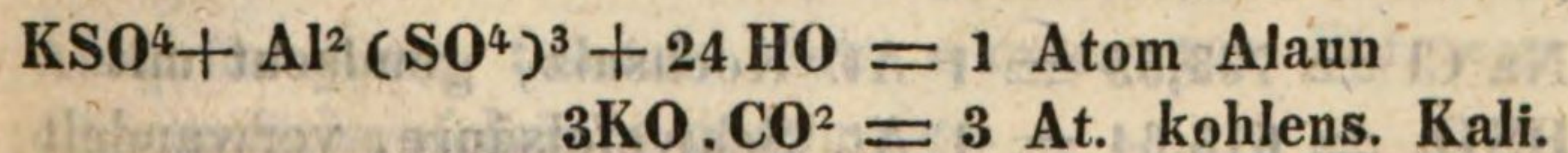
ser verbunden im Handel vor; es läßt sich daher die Frage aufwerfen, wie viel krystallisirtes kohlensaures Natron man zu obigem Zweck haben muß. Das krystallisirte Salz enthält 10 Aeq. Wasser auf 1 Aeq. wasserfreies, das Atomgewicht desselben ist also $667 + 10 \cdot 112,5$ (Aeq. des Wassers) $= 1792$ und hienach $5936 : 3 \cdot 1792 = 180 : (\text{gesuchte Menge krystall. Salzes}) = 163$.

Um zu erfahren, wie viel kohlensaures Natron etne gewisse Menge, z. B. 163 Theile des krystallisirten Salzes enthält, setze man 1792 (Aeq. des kryst. Salzes) : 667 (Aeq. des wasserfreien Salzes) $= 163 : (\text{gesuchte Menge wasserfreien Salzes}) = 60,6$.

Gesetzt, der Alaun sey mit kohlensaurem Kali zersetzt worden, und man will nun wissen, wie viel schwefelsaures Kali hierdurch gewonnen wird; so bemerke man, daß 1 Aeq. ohnediefs schon im Alaun vorhanden war und durch den Zersetzungsprozeß noch 3 Aeq. hinzugekommen sind. Die ganze erhaltene Menge muß also 4 Aeq. entsprechen. Da nun 1 Aeq. schwefelsaures Kali 1091 wiegt, so ist $5936 : 4 \cdot 1091 = 180 : (\text{gesuchte Menge schwefels. Kalis}) = 132,3$.

Der vierte Theil davon ist diejenige Menge, welche im Alaun ursprünglich schon enthalten war.

Die Grundsätze dieser verschiedenen Berechnungen lassen sich durch Zusammenstellung der Formeln des Alauns und des kohlensauren Alkalis mit einem Blicke übersehen. Es ist:



Man sieht sogleich, daß zur Ausscheidung von 2 At. Aluminium 3 At. Kalium nöthig sind, mögen

diese nun als Oxyd oder kohlensaures Salz oder als ein mit Wasser krystallisirtes kohlensaures Salz vorhanden seyn; man sieht eben so leicht, daß das Resultat dieses Zersetzungsprocesses ist: $4\text{KSO}_4 = 4\text{ At. schwefelsaures Kali}$, welche in der Flüssigkeit aufgelöst bleiben, $1\text{ At. Alaunerde} = \text{Al}_2\text{O}_3$, welches ausgefällt wird, und $3\text{CO}_2 = 3\text{ At. Kohlensäure}$, welche sich gasförmig entwickeln.

3) Wie viel wasserfreie und wie viel concentrirte Schwefelsäure läßt sich aus 100 Theilen Schwefel gewinnen?

1 Atom concentrirte Schwefelsäure $= \text{SO}_3 + \text{HO} = 501,16 + 112,48 = 613,64$;

wir folgern hieraus zur Lösung der Aufgabe die Proportionen:

$$201,16 : 501,16 = 100 : (x = 249,1)$$

$$201,16 : 613,64 = 100 : (x = 305)$$

Wird nun bei der Schwefelsäurefabrikation weniger als 305 concentrirte Schwefelsäure gewonnen, so liegt es entweder darin, weil der Schwefel nicht rein war, oder weil der Prozeß nicht gut genug geleitet worden war.

4) Einer der wichtigsten Prozesse der chemischen Industrie ist die Verwandlung des Kochsalzes in Glaubersalz mittelst Schwefelsäure. Wo sich ein hinreichender Hitzegrad hervorbringen läßt, wie in einem Flammenofen, braucht man zur vollständigen Austreibung alles Chlors, als Salzsäure, auf 1 Aeq. reines Kochsalz gerade auch nur 1 Aequivalent concentrirte Schwefelsäure.

$\text{NaCl} = 733,55 = 1\text{ At. Kochsalz}$, gemischt mit $\text{HSO}_4 = 613,64 = 1\text{ At. Schwefelsäure}$, verwandelt sich in $\text{NaSO}_4 = 892,06 = 1\text{ At. Glaubersalz}$ und in $\text{HCl} = 455,13 = 1\text{ At. Chlorwasserstoffsäure}$.

Das Kochsalz des Handels ist immer mehr oder weniger feucht. Sein Feuchtigkeitsgehalt muß daher durch einen vorläufigen Versuch bestimmt werden, bevor man die zur Zersetzung erforderliche Menge Schwefelsäure berechnen kann.

Angenommen, man hat darin 6 Procent Wasser gefunden, so ergibt sich der nothwendige Schwefelsäure-Verbrauch aus der Proportion

$$733,55 : 613,64 = (100 - 6) : (x = 78,5).$$

Auf je 100 Pfd. feuchten oder 94 trocknen Kochsalzes wird 78,5 concentrirte Schwefelsäure gebraucht.

Die Schwefelsäure wird bei dieser Operation nicht concentrirt, sondern ungefähr mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt, oder bei dem spec. Gewichte von 1,54 angewendet. Für die Berechnung des Quantum solcher verdünnten Säure, gewähren die stöchiometrischen Zahlen keinen besonderen Nutzen, weil es sich hier und in allen ähnlichen Fällen nicht um eine Verbindung in bestimmten Proportionen handelt. Man kennt indess den wirklichen Werth der Schwefelsäure, bei allen Graden der Verdünnung, aus Versuchen, die in den meisten gröfseren chemischen Handbüchern tabellarisch aufgenommen sind. Aus diesen Tabellen erfährt man z. B., dafs 100 Pfund Schwefelsäure von 1,54 spec. Gew. nur 65 Pfd. concentrirter Säure liefern. Will man nun wissen, wie viel davon zur Zersetzung von 100 Pfd. jenes feuchten Salzes erfordert wird, so hat man die Proportion zu setzen:

$$65 : 100 = 78,5 : (x = 121)$$

Also für jeden Centner Salz werden 121 Pfd. verdünnte Schwefelsäure genommen.

Wünscht man endlich den Ertrag an trocknem Glaubersalz zu erfahren, so setzt man, weil für je-

des Aequivalent Chlornatrium ein Aequivalent schwefelsaures Natron erhalten werden muß:

$$733,55 : 892,06 = 94 : (= 114,3)$$

Es ist leicht einzusehen, daß dergleichen Berechnungen auch für die Fabrikation im Großen einen sehr wichtigen Anhalt geben, und daß sie das sicherste Hülfsmittel sind, um über den guten Gang der Operation und die etwa dabei eingetretenen Verluste Auskunft zu erhalten.

5) Es sind 500 Theile neutralen oxalsauren Kalis in oxalsauren Kalk verwandelt und davon 388 Th. erhalten worden. Nach diesen Daten ist das Atomgewicht der Oxalsäure zu bestimmen. Man gelangt hierzu durch folgende Betrachtungen: Das Gewicht des Säureradikals ist in beiden Salzen gleich. Natürlich muß also der Unterschied beider Salze, nämlich $500 - 388 = 112$, mit dem Unterschiede des darin enthaltenen Kaliums und Calciums übereinstimmen; und eben dieser Unterschied, dividirt durch die Gewichtsmenge des zersetzten sauerkleesauren Kalis, muß gleich seyn dem Unterschiede der Aequivalente beider Metalle, dividirt durch s oder durch das Aequivalent des kleesauren Kalis. Nun ist $K = 490$, $Ca = 256$; wir haben demnach

$$\frac{500 - 388}{500} = \frac{490 - 256}{s}$$

und $s = \frac{(490 - 256) 500}{500 - 388} = 1044,6;$

hiervon das Atom des Kalis $= 590$ abgezogen, wird das Atom der Oxalsäure $1044,6 - 590 = 454,6$ gefunden.

Hätte man in Erfahrung bringen wollen, wie viel Kali in den 500 Theilen des Kalisalzes enthalten ist, so würde eine der vorhergehenden ganz ähnliche

Betrachtung zu der Gleichung geführt haben:

$$\frac{500 - 388}{x} = \frac{490 - 256}{590}$$

Auf ähnliche Weise können die folgenden Aufgaben gelöst werden.

Man erhält aus 8 Theilen Marmor durch Behandlung mit Schwefelsäure 10,83 schwefelsauren Kalk; zu suchen ist die Menge Kalkerde und Kohlensäure im Marmor, wenn $\text{SO}^3 = 501$ und $\text{CO}^2 = 276$.

301 Th. wasserfreien Chlorcalciums, in Wasser gelöst und mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt, geben 733 Th. Chlorsilber. Aeq. des Chlors $= 442,65$; Aeq. des Silbers 1351,61; das Aequivalent des Calciums ist zu berechnen.

20 Theile Antimonoxyd aufgelöst, und durch Schwefelwasserstoff gefällt, geben 23,2 Schwefelantimon, worin der Sauerstoff des Oxyds durch sein Aequivalent Schwefel vertreten ist. Der Sauerstoffgehalt des Antimonoxyds soll berechnet werden. Man setze:

$$(23,2 - 20) : x = (201 - 100) : 100.$$

6) Kaliumeisencyanid ($\text{Fe}_2\text{Cy}_3 + 3\text{KCy}$) wird gebildet, wenn man durch eine Auflösung von Kaliumeisencyanür ($\text{FeCy} + 2\text{KCy} + 3\text{HO}$) so lange Chlor leitet, bis die Flüssigkeit roth wird und Eisenoxysalze nicht mehr blau färbt. Es sey nun auszumitteln, wie viel Kaliumeisencyanid aus einer angegebenen Menge krystallisirtem Blutlaugensalze gewonnen wird? Um dieß berechnen zu können, müssen wir den Hergang der Sache selbst erst etwas näher beleuchten.

Die Verbindungen des Eisens mit Cyan sind mit den Oxyden des nämlichen Metalls analog zusammengesetzt, so daß also 1 Aeq. Eisencyanür aus 1 Aeq. Eisen und 1 Aeq. Cyan; dagegen 1 Aeq. Eisen-

cyanid aus 2 Aeq. Eisen und 3 Aeq. Cyan besteht; d. h. das Cyanür muß noch die Hälfte seines Cyangehalts mehr aufnehmen, um sich in Cyanid zu verwandeln. Das Cyaneisenkalium enthält auf 1 Aeq. Eisencyanür 2 Aeq. Kaliumcyanid, also werden in 2 Aequivalenten Cyaneisenkalium 2 Aeq. Eisencyanür und 4 Aeq. Kaliumcyanid enthalten seyn.

Wenn man nun Chlor durch eine Auflösung desselben leitet, so verbindet sich dieses mit 1 Aeq. Kalium zu Chlorkalium, während das hierdurch freigewordene Cyan zu dem Eisencyanür übertritt und gerade hinreicht, um damit Eisencyanid zu bilden. Letzteres bleibt alsdann mit den noch übrigen 3 Aeq. Cyankalium zu 1 Aeq. Kaliumeisencyanid verbunden. Aus 2 Aeq. Kaliumeisencyanür $= 2646 \cdot 2$ bekommt man also 1 Aeq. Kaliumeisencyanid, dessen Atomgewicht $= 4127$.

Um nun die Menge Kaliumeisencyanid zu bestimmen, welche aus 100 Theilen Cyanür hervorgebracht werden kann, schreibe man
 $2 \cdot 2646 : 4127 = 100 : (\text{Menge des gewonnenen wasserfreien Kaliumeisencyanids}) = 78$.

7) Das Atomgewicht des Nickels soll bestimmt werden, nachdem man weiß, daß 1 At. Nickeloxydul $= 1$ At. Nickel $+ 1$ At. Sauerstoff. Es sind 188 Th. Nickeloxydul in Salzsäure aufgelöst, in neutrales Chlorür verwandelt und dieses nachher mit salpetersaurem Silber versetzt worden. Man hat dadurch 718,2 Chlorsilber erhalten, dessen Atom $= \text{Ag Cl} = 1794,26$.

Da Nickeloxydul und Chlorsilber proportional zusammengesetzte Körper sind, so leuchtet ein, daß diejenige Menge Nickeloxydul, durch deren Transformation auf dem eben beschriebenen Wege 1 At. Chlorsilber erhalten wird, das Atomgewicht des Nik-

keloxyduls ist; man hat daher

$$718,2 : 188 = 1794,26 : (\text{NO} = 469,68)$$

Das Atom des Nickels selbst ist nunmehr = 369,68.

8) Es müssen 5500 C. C. Sauerstoffgas entwickelt werden. Wie viel chlorsaures Kali wird dazu erfordert, wenn 1 Atom dieses Salzes = 1533 = KClO_6 ?

Da das chlorsaure Kali in der Glühhitze, wie bekannt, seinen ganzen Sauerstoffgehalt abgibt, so folgt, dafs von 1533 Th. dieses Salzes 600 Sauerstoff erhalten werden. — Da nun 1000 CC. Sauerstoffgas 1,432 grm., mithin 5500 CC. $5,5 \cdot 1,432 = 7,876$ grm. wiegen, so hat man
 $600 : 1533 = 7,876 : (x = \text{gesuchte Menge chlors. Kalis})$
 Es ist $x = 20,12$.

9) Salpetersaures Ammoniak besteht aus 1 Aeq. Salpetersäure = 2 Atome Stickstoff + 5 At. Sauerstoff und 1 Aeq. Ammoniak = 2 At. Stickstoff + 6 At. Wasserstoff. Wenn dieses Salz erhitzt wird, zersetzt es sich in Wasser- und Stickstoffoxydulgas, indem 6 At. oder 3 Aeq. Wasserstoff sich mit 3 At. oder Aeq. Sauerstoff verbinden, und die noch übrigen 2 At. Sauerstoff mit 4 At. Stickstoff zu 2 At. Stickstoffoxydul zusammentreten. Wie viel Maafstheile des letzteren werden auf die Art aus 20 Grammen salpetersauren Ammoniak gewonnen? Um diefs berechnen zu können, mufs man erstlich das Gewicht des entbundnen Gases bestimmen:

$$\begin{aligned} &891 \text{ (Aeq. des salpetersauren Ammoniaks)} : 2 \cdot 277 \\ &\text{(Aeq. des Stickstoffoxyduls)} = 20 : (\text{ges. Gew.}) = \\ &\underline{2 \cdot 277 \cdot 20} \end{aligned}$$

891

Da nun 1000 C. C. Salpeteroxydulgas 1,9594

Gr. wiegen, so ist

$$1,9594:1000 = \frac{2 \cdot 277 \cdot 20}{891} : (\text{gesuchtes Volum in C. C.}$$

$$\text{ausgedrückt}) = \frac{2 \cdot 277 \cdot 20 \cdot 1000}{891 \cdot 1,9594} = 6350 \text{ C. C. Oxy-}$$

dulgas.

10) Es ist schon früher (Num. 38) gezeigt worden, daß um die Sättigungscapacität einer beliebigen einbasischen Säure aufzufinden, man erstlich das Zusammensetzungsverhältniß eines ihrer neutralen Salze ausmittelt, dieß alsdann auf 100 Theile der Säure berechnet, und endlich den Sauerstoffgehalt der Basismenge bestimmt, welche diese 100 Theile Säure neutralisirt. Diese Berechnung wird bedeutend vereinfacht, sobald die Aequivalente der Säuren bekannt sind. Aus dem von Berzelius zuerst beobachteten Gesetze, daß der Sauerstoffgehalt einer Säure immer ein bestimmtes Vielfaches und zwar in ganzen Zahlen von dem der Base sey, folgt nämlich, daß diejenige Quantität einer Base, die ein Verhältnißgewicht Säure neutralisirt, nur 1 Aeq. Sauerstoff enthalten kann. Nennen wir daher a das Aeq. der Säure, O ihre Sättigungscapacität, so ist:

$$a : 100 = 100 : (O = \frac{100 \cdot 100}{a})$$

d. h. man findet die Sättigungscapacität einer Säure, indem man mit ihrem stöchiometrischen Werthe in 10000 dividirt;

$$\text{z. B. die Sättigungscapacität der Schwefelsäure} = \frac{10000}{501} = 19,96.$$

Es ist klar, daß man auf dieselbe Weise für jede beliebige Menge einer Säure augenblicklich den Sauerstoffgehalt der sie neutralisirenden Basen be-

rechnen könnte, indem man diese Menge durch das Aeq. der Säure dividirt und den Quotienten mit 100 multiplicirt.

139. Diese Beispiele werden hinreichen, um auch den weniger Erfahrenen mit dem Gebrauche der Verhältnisszahlen bekannt zu machen und ihn von den grossen Vortheilen zu überzeugen, welche sie schon bei den gewöhnlichsten chemischen Rechnungen gewähren. Jetzt will ich versuchen zu zeigen, wie eine genaue Kenntniss der stöchiometrischen Gesetze den Chemiker bei seinen Arbeiten aufs allers wirksamste unterstützt und sehr verwickelte Untersuchungen öfters erstaunlich vereinfacht. Ich glaube diesem Zwecke nicht besser genügen zu können, als, indem ich eine Reihe von Analysen hier einschalte, die den Werken ausgezeichneter Chemiker entlehnt sind.

Anwendungen der stöchiometrischen Werthe bei analytischen Untersuchungen.

140. Um mit einem einfacheren Falle den Anfang zu machen, wähle ich die Analyse der Soole zu Salzhausen (Kastner's Archiv V. 4.)

Die Präliminaruntersuchungen zeigten in diesem Wasser einen Gehalt von Salzsäure und Schwefelsäure, gebunden an Kalk, Bittererde und Natron.

10,000 Theile enthielten einen festen Rückstand von 128,14 Theilen. Durch Behandlung mit Alkohol wurden hiervon die salzsauren Salze getrennt, und der Rückstand, der 11,55 wog, schien schwefelsaurer

Kalk zu seyn. Um jedoch hierüber Gewissheit zu erlangen, wurden 10,000 Theile des Wassers mit salzsaurem Baryt vermischt. Das Gewicht des niedergefallenen schwefelsauren Baryts betrug 19,51, und aus der Proportion 1458 (Aeq. des schwefelsauren Baryts) : 857 (Aeq. des Gypses) = $19,51 : \frac{19,51 \cdot 8,57}{14,58} = 11,47$

folgt, daß 19,51 Schwerspath 11,47 Gyps entsprechen. Der nach Behandlung mit Alkohol gebliebene Rückstand war also in der That bloß schwefelsaurer Kalk, und alle Schwefelsäure in dem Wasser ist demnach an Kalkerde gebunden.

Die weingeistige Lösung wurde zur Trockne abgedampft und mit absolutem Alkohol ausgewaschen, der mit etwas Salzsäure versetzt worden war, um Bittererde wieder aufzulösen, die durch Zersetzung der salzsauren Bittererde entstanden seyn konnte. Bei dieser Operation blieben 95,64 Theile reines salzsaures Natron zurück.

Kalk und Bittererde zu bestimmen wurden 10,000 Theile des Wassers mit kleesaurem Ammoniak niedergeschlagen, der kleesaure Kalk mit verdünnter Salpetersäure vom Filter abgespült und durch Schwefelsäure in schwefelsauren Kalk verwandelt, dessen Gewicht 17,69 betrug. Hiervon 11,47 abgezogen, bleibt 6,22 schwefelsaure Kalkerde, wovon die Kalkerde ursprünglich an Salzsäure gebunden war. Die Menge des entsprechenden Chlorcalciums findet man aus der Proportion 857 (Aeq. des Gyps.) : 698 (Aeq. des Chlorcalciums) = $6,22 : (\text{Menge des Chlorcalciums}) = 5,07$.

Aus der vom sauerkleesauren Kalke abfiltrirten Flüssigkeit fällte man die Bittererde durch kohlensaures Kali. Der ausgeglühte Niederschlag gab 4,82

reine Bittererde, welche 11,23 Theilen Chlormagnesium entspricht, denn
 $258 \text{ (Aeq. d. Bittererde)} : 601 \text{ (Aeq. des Chlormagnesiums)} = 4,82 : \frac{4,82 \cdot 6,01}{2,58} = 11,23.$

Zur Prüfung der Richtigkeit dieser Resultate wurden noch einmal 10,000 Theile der Soole mit salpetersaurem Silber behandelt, und 278,05 Th. Chlorsilber erhalten.

Nun ist

$733 \text{ (Aeq. des Chlornatriums)} : 1794 \text{ (Aeq. des Chlorsilbers)} = 95,64 \text{ (gefundene Menge Chlornatriums)} : \frac{95,94 \cdot 17,94}{7,33} = \dots\dots\dots 234,07$

ferner

$698 \text{ (Aeq. des Chlorcalciums)} : 1794 = 5,07$
 $\text{(Chlorcalcium)} : \frac{5,07 \cdot 17,94}{6,89} = \dots\dots\dots 13,03$

und endlich

$601 \text{ (Aeq. des Chlormagnesiums)} : 1794 =$
 $11,23 \text{ (Chlormagnes.)} : \frac{11,23 \cdot 17,94}{6,01} = \dots\dots\dots 33,52$
 gibt zusammen 280,62

Das Resultat der Berechnung stimmt also fast mit dem überein, welches aus der Analyse mit salpetersaurem Silber gefunden wurde.

141. Analyse des Geilnauer Mineralwassers. (Aus den Annalen der Chem. und Pharm.)

Dieses Wasser ist ein Sauerling. Erhitzt trübt es sich und es bildet sich darin ein Absatz, der nur durch die überflüssige Kohlensäure aufgelöst erhalten worden war. Er besteht aus Kieselerde, kohlensaurem Eisenoxydul, kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Bittererde. Ich übergehe die Bestimmung des quantitativen Verhältnisses dieser, in reinem Wasser unauflöslichen Bestandtheile, weil hierbei keine noch unerläuterten Berechnungen vorkommen.

Die von diesem Absatze getrennte, klare Flüssigkeit enthielt auſſer einer Spur von ſchwefelſaurem Kali (deſſen Beſtimmung wir ebenfalls unbeachtet laſſen wollen) nur Chlornatrium und kohlensaures Natron.

Chlornatrium. 222,740 Grm. Waſſer mit Salpetersäure geſättigt und durch ſalpetersaures Silber gefällt gaben 0,0225 Grm. Chlorsilber oder auf 10000 Thl. Waſſer 1,009 Chlorsilber, welche als Chlornatrium berechnet 0,4125 Th. entſprechen.

Kohlensaures Natron. 668,220 Waſſer lieferten nach dem Kochen, Filtriren und Verdampfen einen feſten Rückſtand an kohlensaurem Natron und Chlornatrium, entſprechend 9,205 Th. auf 10000 Waſſer. Hiervon 0,413 Th., nämlich das gefundene Chlornatrium abgezogen, erhält man an kohlensaurem Natron 8,792 auf 10000 Waſſer.

Controlle. 556,850 Waſſer lieferten nach dem Kochen, Filtriren, Sättigen mit Salzsäure, Abrauchen biſ zur Trockne und Glühen, um etwa überſchüſſig zugeſetzte Salzsäure zu verjagen, Wiederauflöſen und Fällen mit ſalpetersaurem Silber 1,341 Chlorsilber;
auf..... 10000 Waſſer
entſprechend..... 24,082 Chlorsilber
Wenn man hiervon abzieht..... 1,009 Chlorsilber

welche vom Chlornatrium herrühren, ſo bleibt 23,073 Chlorsilber deſſen Chlorgehalt der Kohlenſäure deſ durch den Zuſatz von Salzsäure zergeſetzten kohlensauren Natrons correſpondirt; oder dieſes Chlorsilber iſt dem kohlensauren Natron in 10000 Th. Waſſer äquivalent. Man findet folglich durch die Proportion:
1794,26 (At. deſ Chlorsilbers) : 667,34 (At. deſ kohlensauren Natrons) = 23,073 : x

den Gehalt an kohlensaurem Natron = 8,5813
 Vorher wurde gefunden 8,7930
 Mittel 8,687.

Die an dieses Natron gebundene Kohlensäure
 beträgt 3,555.

Freie und halbgebundene Kohlensäure. Es wurden 360 Kubik - Centimeter Wasser = 360,85 Grm. mit Chlorcalcium und Ammoniak gefällt, und dadurch alle Kohlensäure, an fixe Basen gebunden, niedergeschlagen. Dieser Niederschlag an kohlensauren Erden, abfiltrirt, ausgewaschen und bei 100° getrocknet, betrug 3,334 Grm.

Er wurde mit Salzsäure, die man zuvor mit Kohlensäure gesättigt hatte, zerlegt und die entwickelte Kohlensäure in einem getheilten Cylinder aufgefangen. Man erhielt 761 Cub. Cent. kohlensaures Gas bei 16°,6 C. und 331,6''' Bar.; welche auf 0° Temperatur und auf 336''' Druck reducirt 708,14 C. C. entsprechen.

1000 C. C. kohlensaures Gas bei 0° und 336''' B. wiegen 1,9814 Grm. Die 708,14 C. C. wiegen hiernach 1,40375 Grm. und 10000 Grm. Wasser enthalten an gebundener und freier Kohlensäure 38,901 Grm. oder 19648 C. C.

Hiervon sind, wie bereits bemerkt wurde, 3,555 oder 1795 C. C. an Natron gebunden; 1608 C. C. sind, wie sich aus dem weiteren Verlauf der Untersuchung ergibt, an Kalk, Magnesia und Eisenoxydul gebunden. Die freie oder halbgebundene Kohlensäure beträgt daher 19684 — 3403 = 16245 C. C. oder 32,161 Grm.

142. Analyse eines besonderen Doppelsalzes aus Salzsäure mit Kali und Magnesia (aus Kastner's Archiv entlehnt).

Das Krystallwasser dieses Salzes kann nicht auf die gewöhnliche Weise durch Ausglühen bestimmt werden, weil die salzsaure Magnesia in der Hitze zersetzt wird. Dessenungeachtet gelang es auf folgendem Wege, den Wassergehalt auszumitteln: 5 Grm. wurden mit Schwefelsäure zersetzt. Die trockne Salzmasse geglüht und gewogen hatte 1,384 Grm. am Gewichte verloren. In Wasser aufgelöst und mit essigsaurem Baryt vermischt fielen 6 Gr. schwefelsaurer Baryt nieder, dessen Schwefelsäure = 2,0625 Grm. Da dieß dieselbe Quantität ist, welche die Basen des Doppelsalzes neutralisirt hatten, so muß sie mit der Salzsäure des Doppelsalzes proportional seyn und es ist demnach

501 (Aeq. der Schwefelsäure) : 455 (Aeq. der Salzsäure) = 2,062 : (Menge der Salzsäure des Doppelsalzes) = 1,872.

Nun ist offenbar die Menge der Salzsäure, addirt zu dem Krystallwasser, am Gewichte gleich der Schwefelsäure, addirt zu dem vorhin gefundenen Gewichtsverluste. Wenn man also die Salzsäure = 1,872 von $1,384 + 2,061 = 3,445$ abzieht, so bleibt als Rest die Menge des Krystallwassers = 1,573 in 5 Grm. des Salzes.

Um Kali und Magnesia zu bestimmen, wurden die essigsauren Salze, die nach der Fällung mit essigsaurem Baryt zurückgeblieben waren, bis zur Trockne abgedampft und stark geglüht.

Aus der trocknen Masse wurde das Kali mit Wasser ausgezogen, durch Salzsäure neutralisirt, abgeraucht und geglüht. 1,317 Grm. Chlorkalium auf Kali berechnet gaben 0,833 Grm.

Nach dem Auskochen mit Wasser blieb ein Rückstand von kohlensaurer Baryterde und kohlensaurer Magnesia. Mit verdünnter Schwefelsäure über-

gossen löste sich die Magnesia auf und verwandelte sich in 2,153 Grm. Bittersalz, dessen Bittererdegehalt 0,718 Grm. ausmacht.

Die Richtigkeit der Kali- und Bittererde-Bestimmung hätte durch Rechnung controllirt werden können, sobald die Menge des Krystallwassers und der Salzsäure genau bekannt war, wie in dem Folgenden gezeigt werden soll.

Das Doppelsalz ohne sein Krystallwasser ist eine Verbindung von salzsaurem Kali mit salzsaurer Bittererde. Hier kommen nun 4 unbekannte Größen vor, nämlich die Salzsäure des Kalis und die Salzsäure der Bittererde, die Menge des vorhandenen Kalis und die der Bittererde. Nennen wir sie A' ; A'' ; B' ; B'' . Bekannt ist das Gewicht des der Analyse unterworfenen Doppelsalzes in seinem wasserfreien Zustande $= 5 - 1,573 = 3,427$ Grm., ferner die ganze Quantität Salzsäure $= 1,872 = A' + A''$ und endlich das Gewicht des Kalis und der Bittererde zusammen-

$$= 3,427 - 1,872 = 1,555 \text{ Grm.} = B' + B''.$$

Es verhält sich

$$455 (\text{Aeq. d. Salzs.}): 590 (\text{Aeq. d. Kalis}) = A' : \left(B' = \frac{590 A'}{455} \right)$$

$$\text{und } 455 : 258 (\text{Aeq. der Bittererde}) = A'' : B'' \\ = \frac{258 \cdot A''}{455} = \frac{258 (1,872 - A')}{455}; \text{ (denn } A'' = 1,872 - A').$$

Wir wissen, dass $B' + B'' = 1,555$.

Setzen wir für B' und B'' ihre so eben gefundenen Ausdrücke in A' , so ist

$$\frac{590 A'}{455} + \frac{258 (1,872 - A')}{455} = 1,555,$$

$$\text{woraus folgt: } A' = \frac{1,555 \cdot 455 - 258 \cdot 1,872}{590 - 259} = 0,674.$$

Also der Theil der Salzsäure, welcher an das Kali gebunden ist, beträgt 0,674 Grm. Es bleibt zu berechnen, wie viel Kali hierzu erforderlich ist. Diese Quantität alsdann von 1,555 abgezogen, gibt den Gehalt der Bittererde.

Die Resultate dieser Berechnung müssen mit denen der Analyse übereinstimmen, wenn in letzterer keine Fehler vorgefallen sind, und machen also, wo eine solche Uebereinstimmung fehlt, auf Unrichtigkeiten in der Analyse aufmerksam.

143. Weil diese Methode, die Richtigkeit einer Analyse zu prüfen, in sehr vielen Fällen anwendbar ist, so scheint es mir von Nutzen, sie unter einer allgemeinen Form darzustellen.

Es bezeichne P eine der Analyse unterworfenene Substanz (man denke sich darunter ein Doppelsalz oder überhaupt eine nach Art der Doppelsalze zusammengesetzte Verbindung); A das Gewicht des in P enthaltenen und an zwei Basen B' und B'' vertheilten electronegativen Bestandtheils, B die Summen der Gewichte beider electropositiven Stoffe. Man will B' und B'' d. h. die vorhandene Menge einer jeden der Basen bestimmen. Nennen wir A' diejenige Quantität von A, die an B', dagegen A'' diejenige, welche an B'' gebunden ist, so ist

$A = A' + A''$ also $A'' = A - A'$
eben so wie $B = B' + B''$.

Es sey a das Aeq. von A; b' und b'' die Aeq. von B' und B''*), so darf man setzen

$$a : b' = A' : B' \text{ also } B' = \frac{A' \cdot b'}{a}$$

*) Es ist hier immer vorausgesetzt, daß die Verbindung von A' und B', gleichwie die zwischen A'' und B'' nach bestimmten chemischen Gesetzen statt findet, und daß man das relative

und $a : b'' = A'' : B''$ also $B'' = \frac{A'' \cdot b''}{a} = \frac{(A - A') b''}{a}$

Schreibt man diese Ausdrücke für B' und B'' in

$B = B' + B''$ so wird erhalten

$$B = \frac{A' b'}{a} + \frac{(A - A') b''}{a} = \frac{A' b' + A b'' - A' b''}{a}$$

folglich

$$a B - A b'' = A' b' - A' b'' = (b' - b'') A'$$

und A' (die Menge der an B' gebundenen Säure)

$$= \frac{a B - A b''}{b' - b''}$$

Auf dieselbe Art findet man,

$$A'' = \frac{a B - A b'}{b'' - b'}$$

Nun ergibt sich

$$B' = \frac{A' b'}{a} = \frac{(a B - A b'') b'}{(b' - b'') a}$$

$$B'' = \frac{A'' b''}{a} = \frac{(a B - A b') b''{(b'' - b') a}$$

144. Die so eben entwickelte Formel ist von Richter erfunden und zuerst angewendet worden. Sie läßt sich mit um so größerer Sicherheit gebrauchen, je größer der Unterschied der Atomzahlen b' und b'' ; und je weniger folglich die Beobachtungsfehler bei der Bestimmung von A und B auf das Rechnungsergebnis influiren können. Diese Formel ist in jedem Falle, wo sie sich gebrauchen läßt, ein vortreffliches Prüfungsmittel für die Genauigkeit der Arbeiten; sie wird außerdem von der größten

Aequivalentenverhältniß derselben kennt, denn nur in diesem Falle ist es möglich, die Rechnung anzuwenden. Der größeren Deutlichkeit willen, haben wir angenommen, in beiden Verbindungen sey 1 Aeq. des einen Bestandtheils mit 1 Aeq. des andern vereinigt.

Wichtigkeit in solchen Fällen, wo man auf chemischem Wege allein nicht leicht zuverlässige Resultate erwarten kann. Z. B. man hat ein Gemenge von Kali und Natron (Bischof's Lehrbuch der Stöchiometrie S. 232) und möchte wissen, wie viel von beiden Basen darin vorkommt. Durch Reagentien können beide kaum vollständig von einander geschieden werden; indessen weiß man, daß zur vollkommenen Sättigung des Gemenges 244 Theile Schwefelsäure erforderlich sind, daß die hieraus entstehende neutrale Salzmasse 520 und also Kali und Natron zusammen $520 - 244 = 276$ wiegt. Mit diesen Daten läßt sich der Kali- und Natrongehalt nach obiger Formel berechnen:

Es ist B oder die Menge beider Basen zusammen $= 276$

A das Gewicht der ganzen Säure $= 244$

a das Aequivalent der Schwefelsäure $= 501$

b' das Aequivalent des Kalis $= 590$

b'' das Aequivalent des Natrons $= 391$

also B' (d. Gewicht d. Kalis) $= \frac{(501 \cdot 276 - 244 \cdot 391) 590}{(590 - 391) 501}$
 $= 253,9$

B'' (das Gewicht des Natrons) $= 276 - 253,9 = 22,1$.

145. Analyse des stänglichen Arragonits (Schweigger's Journ. XIII. S. 363).

Dieser Arragonit ist ein wasserhaltiges Doppelsalz aus Kohlensäure, Kalk und Strontian. Die untersuchte Species war völlig frei von fremdartigen Bestandtheilen.

7,680 Gr. in einer trocknen Glasröhre bis zum Emailliren erhitzt, verloren an Wasser 0,0315 Grm.

Das zurückgebliebene trockne kohlensaure Salz $= 7,6485$ Gr. wurde in Salpetersäure aufgelöst, die Auflösung bis zur Trockne abgeraucht und mit abso-

lutem Alkohol behandelt; der salpetersaure Kalk wurde davon aufgenommen, dagegen salpetersaure Strontianerde blieb unaufgelöst. Die Menge derselben betrug 0,272 Gr. Da nun $1324 \text{ (Aeq. des salpetersauren Strontians)} : 923 \text{ (Aeq. des kohlenst. Stront.)} = 0,272 : x = 0,1896$ so folgt, daß in 7,68 Gr. Arragonit nur 0,1896 kohlsaurer Strontian enthalten waren.

Aus der geistigen Lösung des salpetersauren Kalks wurden 7,457 Gr. kohlensaurer Kalk gewonnen.

Ohne den Kalk vom Strontian zu trennen, hätte man auch hier die Menge von beiden durch Rechnung finden können, wenn man das trockne kohlen-saure Salz in ein anderes, z. B. in ein schwefelsaures verwandelte, und das Gewicht desselben ausmittelte. Gesetzt, man hätte dadurch von 7,6495 Gr. wasserfreien Arragonits eine schwefelsaure Salzmasse erhalten, welche 10,3468 Gr. wog, so verhält sich offenbar der Unterschied zwischen der schwefelsauren und kohlen-sauren Salzmasse zu dem Gewichte der Kohlensäure des Arragonits, wie der Unterschied zwischen dem Aeq. der Schwefelsäure = 501 und dem der Kohlensäure = 276 zu dem Aequivalente der Kohlensäure; es ist daher, wenn wir die gesuchte Kohlensäure x nennen

$$\frac{5,01 - 2,76}{2,76} = \frac{10,3468 - 7,6485}{x}$$

und $x = \frac{(10,3468 - 7,6485) 2,76}{5,01 - 2,76} = 3,3099.$

Vermittelst der Formel von Num. 142 kann man nun leicht alles übrige berechnen.

146. Analyse der Titansäure (Ann. de chym. et de phys. XXIII.) Bei dieser Analyse ist die auf mehrere Gründe gestützte Annahme vorausgesetzt, die Ti-

tansäure bestehe aus 1 Aequivalent Titan und 2 Aeq. Sauerstoff.

Direkt liefs sich der Sauerstoffgehalt derselben nicht ausmitteln, weil es damals nicht gelang, eine gewisse Menge Titan regulinisch darzustellen. Demungeachtet erhielt Heinrich Rose auf zwei verschiedenen Wegen befriedigende Resultate.

Weil die Titansäure mit den Alkalien feste Verbindungen eingeht und in der Glühhitze die Kohlensäure austreibt, so kann man den stöchiometrischen Gesetzen zu Folge, mit Recht annehmen, wenn kohlenaure Alkalien und Titansäure zusammengeschmolzen werden, gehe so viel Kohlensäure weg, als erforderlich ist, damit die Titansäure mit dem freien Alkali ein neutrales Salz bilden kann, d. h. 1 Aequivalent Titansäure treibt allemal 1 Kohlensäure aus. Da nun die Kohlensäure ebenfalls 2 Aeq. Sauerstoff enthält, so ist es natürlich, daß die entwichne Menge derselben genau so viel Sauerstoff in sich faßt, als die Titansäure, welche an ihre Stelle trat. Kennt man also den Sauerstoffgehalt der ersteren, so ist auch der der letzteren bekannt.

Von diesem Grundsatz ausgehend, glühte Rose eine abgewogene Menge kohlenaures Natron mit einer abgewogenen Menge Titansäure. Der Gewichtsverlust nach dem Versuche gab die Menge der entbundenen Kohlensäure an.

0,544 Theile Titansäure wurden mit 2,595 kohlenaurem Natron zusammengeschmolzen. Der Gewichtsverlust nach dem Glühen betrug 0,252; nun ist:

$$276 \text{ (Aeq. der Kohlens.)} : 2 \text{ (Sauerstoff der Kohlens.)} \\ = 0,252 \text{ (ausgetriebene Kohlens.)} : \frac{0,252 \cdot 2}{2,76} = 0,183$$

Sauerstoff.

Demnach enthalten 544 Theile Titansäure 183 Theile Sauerstoff, was auf 100 Theile Titansäure 33,64 ausmacht.

Die andere Methode, deren sich Rose bediente, bestand darin, Schwefeltitan durch Verbrennen in Titansäure zu verwandeln, nachdem er bewiesen hatte, daß Schwefeltitan auf eine der Titansäure proportionale Weise zusammengesetzt ist. 1,017 Schwefeltitan gaben nach der Verbrennung 0,757 Titansäure. Es verhält sich aber der Unterschied zwischen 1,017 Schwefeltitan und der daraus gebildeten 0,757 Theile Titansäure zum Sauerstoff dieser Titansäure, wie der Unterschied zwischen 1 Aeq. Schwefel $= 201$ und 1 Aeq. Sauerstoff $= 100$ zu 1 Aeq. Sauerstoff.

Demzufolge enthalten 0,757 Theile Titansäure 0,2570 Sauerstoff, was 33,95 Procent entspricht.

147. Die Gesetze der chemischen Proportionen gewähren uns eine höchst wichtige Controlle für die Richtigkeit der Analyse solcher chemischen Verbindungen, welche krystallisirt vorkommen oder von welchen wir aus andern Gründen annehmen dürfen, daß sie in festen Verhältnissen stattfinden. Diese Controlle besteht in der Aufstellung einer die Zusammensetzung der untersuchten Substanz genügend ausdrückenden Formel. Es ist klar, daß für jede Verbindung, die nach den bestimmten chemischen Gesetzen gebildet ist, wenn sie richtig analysirt wurde, eine solche Formel muß abgeleitet werden können.

Wir haben z. B. in Nr. 142 die Analyse eines Doppelsalzes aus Salzsäure, Kali und Bittererde berechnet. Es ergab sich folgende Zusammensetzung in 5 Grm. dieses Salzes

Kali 0,833 mit 0,14 Sauerstoff.

Bittererde	0,718	mit	0,28	Sauerstoff.
Salzsäure	1,877			
Krystallwasser	1,573	»	1,398	

Kali, Bittererde und Wasser sind Oxyde, welche sämmtlich auf 1 Aeq. des basischen Radikals 1 Aeq. Sauerstoff enthalten. Wenn nun, wie aus dieser Analyse augenscheinlich hervorgeht, der Sauerstoff dieser 3 Körper im Verhältnisse von 1 : 2 : 10 steht, so muß man schliessen, daß das Doppelsalz auf je 1 Aeq. Kali, 2 Bittererde und 10 Krystallwasser enthält.

0,833 Kali bedürfen zu ihrer Sättigung 0,642 Salzsäure. 0,718 Bittererde, welche, wie wir gesehen haben, ihrem chemischen Werthe nach 2 . 0,833 Kali entsprechen, bedürfen folglich zu ihrer völligen Sättigung $2 \cdot 0,642 = 1,284$ Salzsäure. Es müssen demnach 1,922 Grm. Salzsäure in dem Doppelsalze enthalten seyn. Gefunden wurde nur 1,877; diese Differenz ist jedoch so gering, daß sie auf Rechnung von Beobachtungsfehlern gebracht werden darf.

Eine vollkommen genaue Analyse hätte demnach zu folgender Zusammensetzung des Salzes führen müssen.

			berechnet	gefunden
Kali	1 Aeq. =	589,92	0,820	0,833
Bittererde	2 » =	516,71	0,718	0,718
Salzsäure	3 » =	1365,39	1,898	1,877
Krystallwasser	10 » =	1124,80	1,564	1,572
		<u>3596,82</u>	<u>5,000</u>	<u>5,000</u>

Die Formel ist $\text{KO} \cdot \text{HCl} + 2\text{MgO} \cdot \text{HCl} + 10\text{HO}$

oder auch $\text{KCl} + 2\text{MgCl} + 13\text{HO}$

148. Ich führe zur Uebung noch einige andere Beispiele an:

Die Zusammensetzung des Pyrops nach einer

Analyse von Trolle-Wachtmeister ist:

Kieselerde.....	43,70	mit 22,7 Sauerstoff	
Thonerde.....	22,40	" 10,4	} = 12,35 —
Chromoxyd	6,52	" 1,95	
Eisenoxydul.....	11,48	" 2,6	} = 7,4.
Manganoxydul	3,68	" 0,8	
Talkerde	5,60	" 2,1	
Kalkerde	6,72	" 1,9	
	<u>100,00</u>		

Die Constitution dieses Körpers scheint im ersten Augenblicke aufser aller Beziehung mit den Gesetzen der Stöchiometrie zu stehen. Allein wenn man sich erinnert, daß Thonerde und Chromoxyd einerseits, Eisenoxydul, Manganoxydul, Talkerde und Kalkerde andererseits isomorph sind, so hat man Grund, den Pyrop als irgend ein Doppelsilikat zu betrachten, dessen Basen die atomistische Zusammensetzung R^2O^3 und RO besitzen. Indem man nun den Sauerstoffgehalt jeder Gruppe isomorpher Oxyde zusammenfaßt, gerade so, als ob jede dieser Sauerstoffmengen nur einem einzigen electropositiven Radikale zugehöre, wird man zu einer theoretischen Zusammensetzung des Pyrops geleitet, die sich durch die Formel $R^2Si + RSi$ ausdrücken läßt. D. h. die Kieselerde vertheilt sich auf beide Gruppen von Basen gleich, oder in die Verbindung jeder Gruppe ist 1 Atom Kieselerde eingetreten. Von den stärkeren basischen Oxyden ist eine solche Quantität vorhanden, daß ihr Sauerstoffgehalt 2 Atomen entspricht. Die schwächeren basischen Oxyde bilden zusammen 1 Atom, welches 2 Atome Metall und 3 Sauerstoff, d. h. gerade so viel Sauerstoff, als die damit verbundene Kieselerde, enthält.

Berechnet man hiernach die Sauerstoffmenge der

Oxyde, welche mit 43,7 Kieselerde verbunden sind,
so ergibt sich auf

Kieselerde mit 22,7 Sauerstoff

schwächere Basis mit 11,35 "

stärkere Basis mit $7,57 = \frac{2}{3} \cdot 11,35$ Sauerstoff.

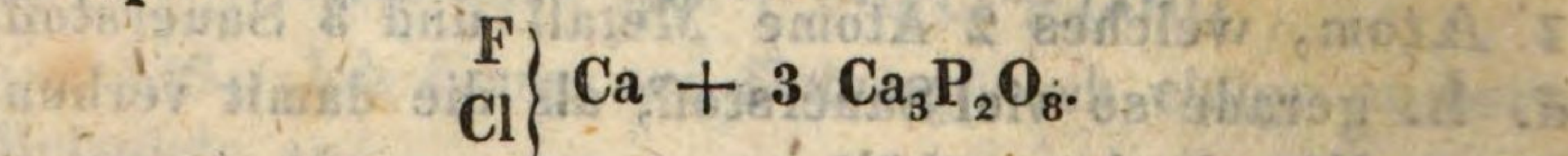
Da nun diese berechnete Zusammensetzung von der gefundenen nicht bedeutend abweicht, so hat man hierdurch einen Anhalt für die Richtigkeit der Analyse.

149. Nach einer Analyse von Heinrich Rose enthält der Apatit in 100 Thln.

phosphorsauren Kalk 90,13 mit 35,314 Calcium

Chlorcalcium 4,28 " 1,57 }
Fluorcalcium 4,59 " 2,40 } = 3,97 Calcium.

Chlor- und Fluorcalcium stehen hier in keinem Verhältniß, welches sich auf ein bekanntes stöchiometrisches Verhältniß zurückführen läßt. Betrachtet man aber den Apatit als eine Doppelverbindung von phosphorsaurem Kalk mit Fluorcalcium, worin das Fluor ohne Aenderung der Krystallform theilweise durch Chlor vertreten werden kann, und rechnet man demgemäfs das Calcium beider Radikale zusammen, so sieht man sogleich, daß dasselbe im Calcium des phosphorsauren Kalks 9mal enthalten ist; oder auf 1 At. Calcium, welches mit Fluor und Chlor verbunden ist, kommen 9 Atome Calcium des phosphorsauren Kalks. Das letztere Salz stimmt seinem Kalk- und Phosphorsäure-Gehalt nach mit der Formel $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$; die Zusammensetzung des Apatits entspricht daher der Formel



Mit dieser Theorie stimmt nun das Resultat der Analyse sehr nahe überein.

Anwendungen der Stöchiometrie bei organisch-analytischen Untersuchungen.

150. Die organischen Substanzen zeichnen sich dadurch aus, daß hauptsächlich nur 4 Elemente, nämlich Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff wesentliche Bestandtheile derselben ausmachen, und daß man in dem Mischungsverhältnisse ihrer Grundstoffe gewöhnlich die einfachen Gesetze nicht bemerkt, welche die meisten Verbindungen der unorganischen Natur charakterisiren. Denn während diese letzteren auf wenige, meist einfache Verhältnisse beschränkt sind, treten in der lebenden Natur einerlei Elemente in sehr mannigfaltigen, bald mehr, bald weniger verschiedenen und oft sehr complicirten Verhältnissen zusammen. Bei Untersuchungen über die chemische Constitution organischer Stoffe hat man daher mit Schwierigkeiten ganz eigenthümlicher Art zu kämpfen und darf in den meisten Fällen nur dann, wenn man auf Erfahrungsgrundlagen von äusserster Genauigkeit und Zuverlässigkeit gestützt ist, darauf rechnen, ein richtiges Urtheil über die atomistische Zusammensetzung einer organischen Verbindung gewinnen zu können.

Diese Erfahrungsgrundlagen sind: erstens, die Bestimmung des relativen Gewichtsverhältnisses der Elemente eines organischen Stoffes, die eigentliche organische Analyse, und zweitens, die Bestimmung seines Atomgewichtes.

151. In Beziehung auf das Detail der organischen Analyse verweise ich auf die „Anleitung zur Analyse organischer Körper von Dr. Justus Liebig“ und erinnere hier nur im Allgemeinen, daß der ge-

wöhnliche Weg, organische Substanzen zu analysiren, darin besteht, dieselben mit Kupferoxyd, oder für den Fall, daß sie sehr reich an Kohlenstoff sind, oder Chlor enthalten, mit chromsaurem Blei zu verbrennen.

Das Kupferoxyd, mit dem, zuvor sorgfältig getrockneten und abgewogenen, organischen Stoffe wohl vermengt und in einer Glasröhre erhitzt, oxydirt den ganzen Gehalt desselben an Kohlenstoff zu Kohlensäure, den ganzen Wasserstoffgehalt zu Wasser, aber den möglicher Weise ebenfalls vorhandenen Stickstoff läßt es ungedändert.

152. Das Wasser wird in einer mit Chlorcalcium gefüllten Glasröhre aufgefangen und seine Menge (a) aus der Gewichtszunahme derselben ermittelt.

Die Kohlensäure wird in dem bekannten Kaliapparate zurückgehalten; dessen Gewichtszunahme (k) die ganze Menge eingesogener Kohlensäure angibt.

Man findet dann aus der Proportion:

$$112,4795 : 12,4795 = a : x$$

den Wasserstoffgehalt $x = \frac{a}{9,013}$;

setzt man statt dessen $x = \frac{a}{9}$

so wird der Sauerstoff um $\frac{16}{100000}$ oder $\frac{1}{6000}$ zu hoch berechnet, oder mit andern Worten: erst dann, wenn 6000 Atome Wasserstoff in eine Verbindung eintreten, wird durch diese einfachere, aber weniger genaue Rechnung ein Fehler von 1 At. begangen werden.

Man findet ferner aus der Proportion:

$$275,854 : 75,854 = k : y$$

den Gehalt an Kohlenstoff $y = 0,27497 k$.

Setzt man dafür $y = 0,275 k = \frac{11}{40} k$

so wird der Kohlenstoffgehalt um $\frac{3}{100000}$ zu hoch in Rechnung genommen.

153. Wenn eine Substanz Stickstoff enthält, so wird derselbe während des Verbrennungsprocesses gasförmig abgeschieden, und kann daher nur seinem Volum nach bestimmt werden. Man untersucht sein Verhältniß zu der Kohlensäure, indem man beide bei einem besonderen Verbrennungsversuche, der sogenannten qualitativen Analyse, gasförmig und in graduirten Röhren auffängt, zuerst das Gesamt-Gasvolum in jeder solchen Röhre mißt, dann die Kohlensäure durch Aetzkali wegnimmt, und den Rückstand an Stickstoffgas wieder mißt.

Man habe auf diese Weise z. B. gefunden, daß von je 5 Vol. Gas 4 von dem Aetzkali aufgelöst werden, so folgt, daß das Verhältniß der Kohlensäure zu dem Stickstoffgase ist, wie 4 : 1.

Nun weiß man, daß je 2 Vol. Kohlensäure (111) 1 Atom Kohlenstoff und daß 1 Vol. Stickstoffgas 1 Atom Stickstoff (108) entspricht; die organische Substanz, bei welcher obiges Verhältniß aufgefunden worden, muß folglich auf je 2 At. Kohlenstoff 1 At. Stickstoff enthalten.

In diesem Verhältniß z. B. fand man Kohlenstoff und Stickstoff in dem Caffein. Man fand ferner durch die Kohlenstoffbestimmung, daß das Caffein 49,796 Procent Kohlenstoff enthält. Es ist daher:

$49,796 : x \text{ Procent Stickstoff} = 2 \cdot 75,854 \text{ (Atomgewicht der Kohle)} : 88,518 \text{ (Atomgewicht des Stickstoffs)}$, woraus $x = \frac{49,796 \cdot 88,518}{151,708} = 29,055 \text{ Proc.}$

Stickstoff.

154. Diese Art den Stickstoff zu bestimmen ist vollkommen genau für solche stickstoffhaltige Körper, in denen der Stickstoff sich zum Kohlenstoff in

keinem kleineren Verhältnisse als 1 : 8 befindet (Liebig).

Enthält aber eine Substanz weniger Stickstoff, so ist die qualitative Analyse ungenügend. Der Stickstoff muß in diesem Falle durch einen besonderen Verbrennungsversuch direkt bestimmt werden. Man leitet zu dem Ende alles Stickstoffgas, welches eine abgewogene Menge der Substanz zu liefern vermag, in eine über Quecksilber abgeschlossene und graduirte Glasglocke, während man zugleich Sorge trägt (zu vergleichen die bereits angeführte Schrift), daß sämtliche Kohlensäure durch Aetzkali vollständig aufgesogen wird.

Das entwickelte Volum Stickstoffgas wird bei der bestehenden Temperatur und dem bestehenden Luftdrucke genau gemessen, auf 0° und 28" B. reducirt und in Gewicht berechnet.

Diese Rechnung ist zwar einfach und leicht zu übersehen, aber weitläufig in der Ausführung. Wo sie sich häufig wiederholt, ist es daher wünschenswerth, dieselbe möglichst abzukürzen. Dieß geschieht, indem man die verschiedenen Rechnungsoperationen verbindet und unter eine allgemeine Form bringt.

Nennen wir desßhalb allgemein:

m das Gewicht der getrockneten organischen Substanz, welches verbrannt wurde.

V das Volum des erhaltenen Stickstoffs bei der Temperatur von t° und bei b Par. Lin. Barometerstand.

v das reducirte Volum bei 0° und 336"" Druck.

g das Gewicht des Stickstoffs in m Theilen der Substanz.

Erinnern wir uns zugleich, daß:

α) das Volum eines Gases im umgekehrten Verhältnisse zum Drucke steht;

β) dafs die gasförmigen Körper für jeden Grad des 100 theiligen Thermometers Temperaturerhöhung sich um $\frac{1}{267}$ ihres Volums bei 0° ausdehnen, für jeden Grad Temperaturerniedrigung sich um $\frac{1}{267}$ des Volums bei 0° zusammenziehen, und dafs folglich 267 Volumtheile, die wir bei 0° betrachten, bei t° sich verwandelt haben in (267 + t) Volumtheile und umgekehrt.

γ) dafs 1000 C. C. Stickstoff 1,2675 Grm. wiegen bei 0° und 336''' Druck.

Wir folgern nun erstlich, dafs V Volume, die bei dem Drucke b gemessen wurden, bei dem Barometerstande von 336''' seyn müssen: $\frac{V \cdot b}{336}$;

ferner, da

$$\frac{V \cdot b}{336} \text{ (bei } t^\circ) : v \text{ (bei } 0^\circ) = (267 + t) : 267,$$

$$\text{so finden wir } v = \frac{267 \cdot b \cdot V}{336 (267 + t)},$$

und endlich, da

$$1000 : 1,2675 = v : g; \text{ ergibt sich}$$

$$g = \frac{1,2675 \cdot v}{1000} = \frac{1,2675 \cdot 267 \cdot b \cdot V}{1000 \cdot 336 (267 + t)}$$

$$\text{oder } g = \frac{1,0072 \cdot b \cdot V}{1000 (267 + t)} = \frac{b \cdot V}{1000 (267 + t)}.$$

155. Kürzlich haben Varrentrapp und Will ein Verfahren bekannt gemacht, um den Stickstoffgehalt organischer Substanzen mit derselben Genauigkeit wie Kohlenstoff und Wasserstoff durch Wägung auszumitteln*). Die stickstoffhaltige Substanz wird nämlich mit einem Gemenge von Kali- oder Natronhydrat mit Aetzkalk verbrannt, wodurch sich aller Stickstoff in Ammoniak verwandelt, das dann in einer

*) Annal. der Chem. und Pharm. B. 39. S. 257.

geeigneten, mit Salzsäure gefüllten Vorlage aufzufangen und in Platinsalmiak verwandelt wird.

Aus dem Gewichte des gebildeten Platinsalmiaks, oder des durch Glühen daraus erhaltenen Platins, wird die Stickstoffmenge berechnet; denn man weiß, daß 2788,2 Theile des Platinsalzes genau 1233,5 Thl. metallischen Platins und 177,04 Thl. Stickstoff entsprechen.

Man findet hiernach, wenn s das Gewicht des erhaltenen Platinsalmiaks, oder p das des Platins vorstellt, das Gewicht des Stickstoffs der verbrannten Substanz:

$$g = 0,0635 s \quad \text{oder} \quad g = 0,1435 p.$$

156. Es ist in der Regel von keinem besondern Interesse, das Gewichtsverhältniß der Elemente in m Thln. einer organischen Substanz zu kennen; aber stets muß es in Procenten angegeben werden. Wir wollen daher diese Rechnung gleich mit der vorhergehenden verbinden.

Es sey N der Stickstoff, C der Kohlenstoff, H der Wasserstoff in 100 Theilen des organischen Körpers. Nun haben wir gefunden, daß m Th. dieses Körpers enthalten:

an Stickstoff, $g = \frac{b V}{10000 (267 + t)}$ oder $g = 0,0635 s$;

an Kohlenstoff, $y = \frac{11}{40} K$, wo K das Gewicht der Kohlensäure vorstellt;

an Wasserstoff $x = \frac{1}{9} a$, wo a das Gewicht des Wassers vorstellt.

Wir dürfen daher die drei folgenden Proportionen aufstellen:

$$m : \frac{b V}{1000 (267 + t)} = 100 : N$$

$$m : \frac{11}{40} K = 100 : C$$

$$m : \frac{1}{9} a = 100 : H$$

woraus folgt — die procentische Zusammensetzung des untersuchten Körpers:

$$N = \frac{b V}{10 m (267 + t)} \text{ oder } N = \frac{6,35 \cdot s}{m}$$

$$C = \frac{110 K}{4 m}$$

$$H = \frac{100 \cdot a}{9 \cdot m}$$

Beispiel: Nach einer Analyse von Regnault gaben 0,390 Thl. Piperin 0,236 Wasser und 1,016 Kohlensäure.

0,665 Th. derselben Substanz lieferten 27,5 C. C. Stickstoff bei 11° und 336''' B.

Hiernach enthält das Piperin:

$$N = \frac{336 \cdot 27,5}{10 \cdot 0,665 (267 + 11)} = 4,998 \text{ Proc. Stickstoff.}$$

$$C = \frac{110 \cdot 1,016}{4 \cdot 0,390} = 71,640 \text{ Proc. Kohlenstoff.}$$

$$H = \frac{100 \cdot 0,236}{9 \cdot 0,390} = 6,720 \text{ Proc. Wasserstoff.}$$

Die fehlenden 16,642 Procent werden als Sauerstoff berechnet.

Nach Varrentrapp und Will gaben 0,478 Piperin 0,324 Platinsalmiak; wonach

$$N = \frac{6,35 \cdot 0,324}{0,478} = 4,61 \text{ Proc. Stickstoff.}$$

157. Man erhält durch dieses Verfahren nur die procentische Zusammensetzung des der Analyse unterworfenen Körpers; über die Anzahl der Atome erhält man aber keinen Aufschluss. Hierzu ist noch weiter erforderlich, sein Atomgewicht zu kennen.

Ist der Körper eine Säure, so bestimmt man das Atomgewicht derselben durch die Analyse von einem ihrer Salze; am besten wählt man dazu ihre Verbindung mit Silber, Bleioxyd oder Baryt. Silbersalze sind, wenn sie sich darstellen lassen, allen anderen vorzuziehen (Liebig); sie sind immer wasserfrei, hinterlassen nach dem Glühen reines metallisches Silber und geben, da das Silberoxyd vor allen andern Basen die Fähigkeit besitzt, allen vertretbaren Wasserstoff einer Säure auszuscheiden, den sichersten Aufschluß, wie viel Atome Basis 1 Atom der Säure zu sättigen vermag. Dieser Punkt, ob nämlich die Säure zu den 1-, 2- oder 3-basischen gehört, muß überhaupt vollkommen aufs Klare gebracht seyn, bevor sich ihre Atomzahl mit Sicherheit festsetzen läßt.

Die Sättigungscapacität, und hierdurch die Atomzahl organischer Basen bestimmt man entweder durch die Analyse ihrer salzsauren Verbindungen, oder, nach dem neuerdings von Liebig empfohlenen Verfahren, durch die Analyse ihrer salzsauren Verbindungen mit Platinchlorid.

Die einschlagenden Rechnungen sind bereits früher (90, 120) erörtert worden.

158. Um nun zu zeigen, wie man sich über die atomistische Zusammensetzung organischer Verbindungen Auskunft verschafft, wähle ich als Beispiel die Mekonsäure *).

0,740 bei 100° getrockneter Säure lieferten 1,132 Kohlensäure und 0,133 Wasser.

100 Th. Mekonsäure enthalten hiernach
Kohlenstoff..... 42,07

*) Ann. d. Pharm. B. 26. S. 114.

Wasserstoff 2,00

Sauerstoff 55,93.

Die Mekonsäure bildet mit Silberoxyd zwei Salze, ein gelbes und ein weißes mekonsaures Silberoxyd.

100 Thl. des ersteren enthalten 61,69; 100 Thl. des letzteren aber nur 56,18 metallisches Silber.

Bei der Verbrennung mit Kupferoxyd lieferten 1,540 Thl. vom gelben Salze, bei 120° getrocknet, 0,894 Kohlensäure und 0,031 Wasser.

1,0495 Thl. vom weißen Salz, ebenfalls bei 120° getrocknet, lieferten 0,758 Kohlensäure und 0,051 Wasser.

Die procentische Zusammensetzung beider Salze ist hiernach

	gelbes Salz;	weißes Salz.
Kohlenstoff	16,237	20,000
Wasserstoff	0,223	0,480
Sauerstoff	21,854	27,220
Silber	61,686	52,300
	100	100

Wir wollen das relative Gewichtsverhältniß der Bestandtheile dieser Salze auf 42,07 Kohlenstoff, nämlich auf den Kohlenstoffgehalt der freien Mekonsäure berechnen. Man findet dann, indem z. B. die Proportion gesetzt wird:

$$16,237 \text{ (Kohle)} : 0,223 \text{ (Wasserstoff)} = 42,07 : x$$

Mekonsäure; gelbes und weißes Silbersalz.

Kohlenstoff . . .	42,07	42,07	42,07
Wasserstoff . . .	2,00	0,578	1,01
Sauerstoff	55,93	56,623	57,26
Silber	159,83	110,01	

Man sieht leicht, daß das gelbe Salz nur $\frac{1}{4}$, das weiße nur die Hälfte vom Wasserstoff der freien Säure enthält, oder, daß die Mekonsäure, indem sie

sich in gelbes Silbersalz verwandelte, $\frac{3}{4}$; indem sie sich in weisses Silbersalz verwandelte, $\frac{2}{4}$ ihres Wasserstoffs abgab.

Während der Sauerstoffgehalt in beiden Salzen augenscheinlich gleich ist und mit dem der Säure übereinstimmt, verhalten sich die Silbermengen wie 3 : 2; denn 110 ist nahe $\frac{2}{3}$ von 159,8.

Betrachten wir demnach den Wasserstoff der Säure aus 4 Proportionen bestehend, so findet sich davon im gelben Salz nur eine Proportion, im weissen Salz nur 2 Proportionen. Dafür sind in die Constitution der Säure im gelben Salze 3, im weissen nur 2 Proportionen Silber eingegangen.

In der That verhält sich 1 Gewichtstheil Wasserstoff zu 110 Silber nahe genau, wie 2 Aequivalent Wasserstoff zu 2 Aequivalent Silber.

Man kann unter diesen Umständen nicht zweifeln, dafs in dem gelben Salze 3 Aeq. Wasserstoff durch 3 Aeq. Silber vertreten sind, oder dafs die Mekonsäure eine dreibasische Säure ist.

Jetzt erst sind wir im Stande die Atomzahl der Mekonsäure zu berechnen, indem wir die Proportion bilden:

$$61,686 \text{ (Silber)} : 100 \text{ (mekonsaurem Silber)} \\ = 3 : 1351,61 \text{ (Atom des Silbers)} : x$$

Man findet hierdurch das Atomgewicht des mekonsauren Silbers mit 3 At. Silber, $x = 6589$.

Um zu erfahren, wieviel Aequivalente von jedem der übrigen Bestandtheile in einem Atom dieses Salzes enthalten sind, müssen die Gewichtsmengen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in 6589 Th. Salz berechnet, und jede der gefundenen Zahlen mit dem entsprechenden Aequivalentgewichte dividirt werden.

Wir sagen z. B., da 100 Salz 16,237 Kohlenstoff

enthalten, so muß in 6589 Salz 1070 Kohlenstoff
enthalten seyn, und $\frac{1070}{75,854 \text{ (At. d. Kohle)}} = 14,103$

Die Mekonsäure enthält also 14 Atom Kohle.

Ganz ähnlich berechnet man die Anzahl Atome
von Wasserstoff und Sauerstoff. Man erhält dadurch
gefundene, theoretische Zusammensetzung.

Kohlenstoff	1070	75,854	. 14 =	1061,96
Wasserstoff	14,5	12,48	. 1 =	12,48
Sauerstoff	1440	100,00	. 14 =	1400,00
Silber	4064,5	1351,61	. 3 =	4054,83
	6589			6529,27.

Die Mekonsäure selbst enthält kein Silber, sie
enthält aber dafür 3 Aequivalente Wasserstoff mehr,
und ihre Zusammensetzung ist demnach

14 Aeq. Kohlenstoff	=	1061,96
4 Aeq. Wasserstoff	=	49,92
14 Aeq. Sauerstoff	=	1400,00
		2511,88 = $C^{14}HO^{14} + 3 H$.

Anwendung der bestimmten chemischen Ver-
bindungsverhältnisse zur Berechnung des
specifischen Gewichts der Gase.

159. Es ist bereits erwähnt worden (79), daß
man früherhin das Dichtigkeitsverhältniß einfacher
Körper im Gaszustande zugleich als das Verhältniß
ihrer Atomgewichte betrachtete. Das spec. Gewicht
eines Gases auf das des Sauerstoffs = 100 zurück-
geführt mußte also das Atomgewicht oder die che-
mische Verhältnißzahl desselben ausdrücken.

Es ist klar, daß, so lange man diese Ansicht
für unbedingt richtig hielt, man auch umgekehrt an-
nehmen mußte, daß das Atomgewicht eines einfa-

chen Körpers, auf chemischem Wege mit Sicherheit ermittelt, zu dem spec. Gewichte dieses Körpers in demselben Verhältnisse stehe, wie 100 Sauerstoff zum spec. Gewichte des Sauerstoffgases.

Hierdurch hatte man folglich ein höchst einfaches Mittel erworben, die spec. Gewichte solcher Gase oder Dämpfe einfacher Körper, welche durch einen Wägungsversuch schwierig zu bestimmen waren, auf indirektem Wege auszumitteln. Z. B. Iod, Schwefel, Phosphor, Zinn, Quecksilber sind nur bei höheren Temperaturen gasförmig, Fluor ist im einfachen Zustand noch unbekannt. Kohle liefs sich bis jetzt in Gasform noch gar nicht erhalten. Allein, da die Atomgewichte aller dieser Körper sehr genau bekannt sind, so brauchen wir dieselben nur mit 1,1026, dem spec. Gewichte des Sauerstoffs, zu multipliciren und durch 100 zu dividiren, um ihre spec. Gewichte zu erhalten.

	Atomgewicht	Dichtigkeit, die der Luft = 1
Sauerstoff	100	1,1026
Iod	789,75	8,7011
Schwefel	201,17	2,2181
Phosphor	196,16	2,1637
Zinn	735,29	8,1074
Quecksilber	1265,82	13,9560
Fluor	116,90	1,2890
Kohle	75,85	0,8363

Von einigen dieser Gase wurde später das spec. Gewicht direkt ermittelt. Beim Iod bestätigte sich die Rechnung. Das wahre spec. Gewicht des Schwefels hingegen ist 3 mal so groß, das des Phosphors noch einmal so groß, das des Quecksilbers halb so groß, als das berechnete.

160. Die durch rein chemische Hülfsmittel festgestellten Atomgewichte gewähren also keinen siche-

ren Anhalt zur Bestimmung des spec. Gewichtes einfacher gasförmiger Körper. Die hierdurch erhaltenen Zahlen sind bald grösser, bald kleiner, als die wahren spec. Gewichte, stehen jedoch mit diesen immer in einem einfachen Zahlenverhältnisse.

Die genaue Kenntniss der chemischen Verhältnisszahl eines einfachen Stoffs gewährt uns aber in vielen Fällen eine gute Controlle, um den Grad der Genauigkeit seines (im Gasezustande) durch direkte Wägung gefundenen spec. Gewichtes zu prüfen. Denn, da das nach der Volumtheorie aus dem Atomgewicht eines einfachen Stoffes abgeleitete specifische Gewicht seines Dampfes mit dem wahren specifischen Gewichte desselben jedenfalls in einem einfachen Zahlenverhältnisse stehen muss, so genügt die Kenntniss dieses Verhältnisses, um das spec. Gewicht aus dem Atomgewicht mit voller Sicherheit abzuleiten.

Für das spec. Gewicht des Schwefeldampfes z. B. hat Dümas 6,51—6,617, Mitscherlich aber 6,9 gefunden. Diese Zahl ist nahe, wiewohl nicht genau 3mal so gross, als das nach dem Grundsätze der Volumtheorie aus dem Aequivalente des Schwefels berechnete spec. Gewicht seines Dampfes. Da nun die Mittel, die man angewendet hat, das Aequivalent des Schwefels zu bestimmen, eine weit grössere Genauigkeit zulassen, als diejenigen, welche uns bis jetzt zu Gebote stehen, um das Gewicht seines Dampfes zu erhalten, so schliessen wir, dass das wahre spec. Gewicht des Schwefeldampfes ist:

$$3 \cdot 2,22181 = 6,6543.$$

Auf ähnliche Weise findet man:

	Spec. Gewicht		Verhält- nifs wie 1 zu	Spec. Ge- wicht berechnet
	wenn 1 At. = 1 Volum	beobachtet		
Schwefel	2,2181	6,51 — 6,9	3	6,654
Phosphor	2,1637	4,5	2	4,327
Arsenik	5,1825	10,6	2	10,365
Quecksilber	13,9560	7,0	$\frac{1}{2}$	6,978
Chlor	2,44	2,47	1	2,440
Brom	5,393	5,54	1	5,393
Iod	8,701	8,716	1	8,701

161. Diese Methode, das wahre spec. Gewicht eines elastisch-flüssigen Körpers durch Rechnung mit derselben Genauigkeit aufzufinden, mit welcher sein Atomgewicht bekannt ist, läßt sich auch auf viele zusammengesetzte gasförmige Körper ausdehnen.

Wenn sich gasförmige Körper verbinden, und wenn diese Verbindung wieder gasförmig ist, so ist das Volum der Verbindung entweder gleich der Summe der Volume der Bestandtheile, wie beim Stickstoffoxyd-gas, Chlor-, Brom-, Iod- und Cyan-Wasserstoffgas, oder es findet eine Contraktion statt. Im letzteren Falle aber steht das Volum der Verbindung in einem einfachen Verhältnisse zum Volumen der Bestandtheile. Man hat zahlreiche Belege für die Richtigkeit dieses Gesetzes, und kennt nicht eine einzige Ausnahme desselben. Es verbindet sich z. B.

1 Vol. Sauerstoff mit 2 Vol. Wasserstoff zu

2 Vol. Wasserdampf

1 Vol. Stickstoff mit 2 Vol. Sauerstoff zu

2 Vol. Stickstoffoxydul.

1 Vol. Stickstoff mit 3 Vol. Wasserstoff zu

2 Vol. Ammoniakgas.

1 Vol. Phosphorgas mit 6 Vol. Wasserstoff zu
 4 Vol. Phosphorwasserstoffgas.
 1 Vol. Schwefelgas mit 6 Vol. Sauerstoffgas zu
 6 Vol. schwefligsaurem Gas.

Wissen wir nun, welche Contraktion bei der Verbindung zweier Gase statt gefunden hat, so kann das spec. Gewicht dieser Verbindung sehr leicht durch Rechnung gefunden werden.

Beispiele: 1) Das spec. Gewicht des Wasserdampfes soll durch Rechnung gefunden werden.

Es verbindet sich: 1 Vol. Sauerstoffgas = 1,1026
 mit 2 Vol. Wasserstoffgas = $2 \cdot 0,0688 = 0,1376$
 zu Gewichtstheilen Wasser = 1,2402

Diese 1,2402 Gewichtstheile können möglicher Weise 1 oder 2 oder 3 Volumen Wassergas entsprechen, oder das spec. Gewicht desselben kann 1,2402 oder $\frac{1,2402}{2} = 0,6201$ oder auch $\frac{1,2402}{3} = 0,4134$ betragen.

Das alles sind einfache Volumsverhältnisse. Nun hat aber Gay Lüssac durch den Versuch das spec. Gewicht des Wasserdampfes = 0,6235 gefunden. Die 2 Vol. Wasserstoff mit 1 Vol. Sauerstoff müssen sich folglich zu 2 Vol. Wassergas zusammengezogen haben, und das wahre spec. Gewicht desselben ist 0,6201.

2) Brom und Wasserstoff bei ihrer Verbindung zu Bromwasserstoffgas ziehen sich gar nicht zusammen; denn das Volum des Bromwasserstoffgases ist doppelt so groß, als das des darin enthaltenen Wasserstoffgases. Es ist daher

1 Vol. Bromdampf =	5,3930
1 Vol. Wasserstoffgas =	0,0688
2 Vol. Bromwasserstoffgas =	5,4618

folglich spec. Gewicht desselben oder Gewicht von 1 Vol. = 2,7309.

3) Das spec. Gewicht des Dampfes der wasserfreien Schwefelsäure ist durch direkte Wägung = 3,0 bestimmt worden. Diese Säure ist gebildet aus

$\frac{1}{3}$ Vol. Schwefeldampf = 2,218

und 3 Vol. Sauerstoffgas = 3,308; nimmt man

an, daß das resultirende Gewicht von 5,526 wasserfreie Schwefelsäure 1 oder 3 Vol. Dampf entspräche, so ergibt sich kein Werth, der durch das gefundene spec. Gewicht gerechtfertigt wird. Angenommen aber, daß sich 3 Vol. Sauerstoff durch die Aufnahme von $\frac{1}{3}$ Vol. Schwefel zu 2 Vol. verdichteten, erhält man für den Dampf der trocknen Schwefelsäure das

spec. Gewicht $\frac{5,526}{2} = 2,726$; was mit dem Beobach-

tungsergebnisse nahe genug übereinstimmt, um voraussetzen zu dürfen, daß die Differenz von Beobachtungsfehlern, herbeigeführt durch Schwierigkeiten in der Ausführung des Wägungsversuchs, herrührt.

4) Ueber das genaue spec. Gewicht der Kohlensäure ist man lange in Zweifel gewesen. Biot und Arago haben dafür die Zahl 1,5196 gefunden. Nach einer Wägung von Berzelius und Dulong beträgt es aber 1,5245. Nach den Wägungen Anderer fällt es zwischen diese beiden Zahlen. Nun ist kürzlich das Atomgewicht des Kohlenstoffs von Liebig und Redtenbacher aus den Silbersalzen mehrerer organischen Säuren, deren Kohlenstoffgehalt ganz genau bekannt ist, bestimmt und mit Berücksichtigung des Gewichtsverlustes, den die Körper in der Luft erleiden, zu 75,854 gefunden worden*). Das

*) Annal. der Chem. und Pharm. 38. S. 113.

Atomgewicht der Kohlensäure ist demnach 275,854, da es auf 1 At. Kohlenstoff 2 At. oder Volum Sauerstoff enthält. Man weiß aufs Bestimmteste, daß dieser Sauerstoff, indem er sich durch Aufnahme von Kohle in Kohlensäure verwandelt, seinen Umfang nicht ändert. Die Dichtigkeit der Kohlensäure ist daher, die des Sauerstoffs zu 100 genommen, $\frac{275,854}{2} = 137,927$.

Wird diese Zahl mit 1,1026 multiplicirt und durch 100 dividirt, so erhält man das spec. Gewicht der Kohlensäure, die Luft = 1 gesetzt, zu 1,5208.

Anwendung des bekannten specifischen Gewichtes einer gasförmigen Verbindung als Controlle ihrer durch die chemische Analyse gefundenen Zusammensetzung.

162. In dem vorhergehenden Abschnitte ist gezeigt worden, wie man mittelst der Atomgewichte die specifischen Gewichte gasförmiger Körper berechnen, oder die durch direkte Bestimmung dafür erhaltenen Werthe häufig von Beobachtungsfehlern befreien kann. Es ist nun augenscheinlich, daß man auch umgekehrt, aus den bekannten specifischen Gewichten gasförmiger Körper ihre Verbindungsverhältnisse ableiten, oder die auf anderen Wegen gefundenen Resultate einer sehr scharfen Controlle unterwerfen kann. Wir wollen auch dieses Verfahren durch Beispiele näher erläutern.

1) Ammoniak durch glühende Röhren geleitet, die mit Metallspänen gefüllt sind, zerfällt in Stickstoff und Wasserstoff im Verhältnisse von 1 Volum des ersteren zu 3 Vol. des letzteren Gases.

1 Vol. Stickstoff wiegt 0,9760

3 Vol. Wasserstoff wiegen $3 \cdot 0,0688 = \dots 0,2064$

das Ammoniak ist also aus 1 At. Stickstoff und 3 At. Wasserstoff zusammengesetzt, und es enthält auf 0,9760 Gewichtstheile Stickstoff 0,2064 Gewichtstheile Wasserstoff.

2) Cyangas durch glühende eiserne Röhren geleitet verwandelt sich mit Hinterlassung von Kohle in ein dem seinigen gleiches Volum Stickstoffgas. Gay-Lüssac fand das spec. Gewicht des Cyangases
 $= 1,8064$

1 Volum Stickstoffgas wiegt 0,9760

1 Volum Cyan enthält folglich an Kohlenstoff 0,8304 oder 0,9760 Gewichtstheile Stickstoff verbinden sich mit 0,8304 Kohle zu Cyan.

Das spec. Gewicht des Kohlengases ist unter der Voraussetzung, daß 1 Atom Kohle $= 1$ Vol. Kohlengas, zu 0,8363 berechnet worden. Man sieht hieraus, daß im Cyan 1 At. Stickstoff mit 1 At. Kohlenstoff verbunden ist, daß beide als Volum betrachtet sich zu 1 Vol. verdichteten, und daß die genaue Zusammensetzung des Cyangases ist:

1 Vol. Stickstoffgas $= \dots\dots\dots 0,9760$

1 Vol. Kohlenstoffgas $= \dots\dots\dots 0,8360$

1 Vol. Cyangas $= \dots\dots\dots 1,8120$

3) Das durch Beobachtung bestimmte spec. Gewicht des Aetherdampfes ist 2,5862. Nach der chemischen Analyse ist der Aether so zusammengesetzt, als wären 2 Vol. Kohlenwasserstoffgas (ölbildendes Gas) mit 1 Vol. Wassergas zusammengetreten, oder er enthält 2 Vol. Kohlendampf auf 5 Wasserstoffgas

und $\frac{1}{2}$ Vol. Sauerstoffgas. Ist dieses Verbindungsverhältniß das richtige, so muß dasselbe in irgend einer einfachen Relation (in ganzen Zahlen) zu der gefundenen Dichtigkeit des Aetherdampfes stehen. Nun ist in Gewicht ausgedrückt

2 Vol. Kohlendampf	=	20,8363	=		1,6726
5 Vol. Wasserstoff	=	5 . 0,0688	=		0,3440
$\frac{1}{2}$ Vol. Sauerstoff	=	$\frac{1}{2}$. 1,1026	=		0,5513
Also Gewicht des gebildeten Aethers	=	..			2,5679

was, wie man sogleich sieht, dem Gewichte von 1 Vol. Aetherdampf entspricht.

4) Für den Kohlensäure-Aether ist folgende procentische Zusammensetzung gefunden worden:

51,3075 Kohlenstoff
8,5802 Wasserstoff
40,1121 Sauerstoff,

welche Zahlen der Formel $C_5H_5O_3$ entsprechen; oder wenn man das Verbindungsverhältniß nach Volumen ausdrücken will: es kommen auf je 5 Vol. Kohlenstoffdampf 10 Vol. Wasserstoffgas und 3 Vol. Sauerstoffgas. Die Richtigkeit dieses Verhältnisses soll durch das spec. Gewicht des Dampfes vom Kohlensäure-Aether geprüft werden. Man findet, daß 1 Volum Kohlensäure-Aetherdampf 4,243 wiegt; diese Zahl, wenn sie auch nur annähernd richtig ist, muß nun zu demselben oben bemerkten Verbindungsverhältnisse führen; denn sie ist entweder geradezu die Summe der Gewichte von 5 Vol. Kohlengas, 10 Vol. Wasserstoffgas und 3 Vol. Sauerstoffgas, oder sie steht je nach der Contraktion, welche stattgefunden hat, mit dieser Summe in irgend einem einfachen Verhältnisse wie 1 : 2 oder 1 : 3 oder 2 : 3 u.s.f. Es enthalten 4,243 Gewichtstheile Kohlensäure-Aether

Kohlenstoff 2,1769 = 0,8363 . 2,60

Wasserstoff 0,3645 = 0,0688 . 5,30

Sauerstoff 1,7018 = 1,1026 . 1,54

Die einzig wahrscheinliche Zusammensetzung nach Volumen, welche aus diesem Resultate abgeleitet werden kann, ist:

2,5 Vol. Kohlenstoff = ... 0,8363 . 2,5 = 2,091

5,0 Vol. Wasserstoff = ... 0,0688 . 5 = 0,344

1,5 Vol. Sauerstoff = ... 1,1026 . 1,5 = 1,654

1 Vol. Kohlensäure-Aetherdampf wiegt 4,089.

Das Verhältniß 2,5 : 5 : 1,5 ist aber ganz dasselbe wie 5 : 10 : 3. Die aus der Analyse abgeleitete Zusammensetzung wird also hierdurch bestätigt.

Der Kohlensäure-Aether enthält in seiner Verbindung auf 1 Vol. Kohlensäure ($\frac{1}{2}$ Vol. Kohle + 1 Vol. Sauerstoff) 1 Vol. Aetherdampf (2 Vol. Kohlenstoff + 5 Vol. Wasserstoff + $\frac{1}{2}$ Vol. Sauerstoff).

Nun ist das Gewicht von

1 Vol. Kohlensäure = 1,5208

1 Vol. Aetherdampf = 2,5679

Die Summe 4,0887 gibt das Gewicht von 1 Vol. Kohlensäure-Aether, bei dessen Entstehung also 2 Vol. der näheren Bestandtheile sich zu 1 Vol. verdichtet haben.

Die Kenntniß des spec. Gewichtes einer gasförmigen Verbindung, als Prüfungsmittel für ihre durch die Analyse gefundene Zusammensetzung, ist von besonders hohem Werthe für solche Körper, deren Atomgewicht unbekannt ist.

Tabelle über die specifischen Gewichte der wichtigsten Gase und Dämpfe auf 0° Temperatur und 336 Pariser Linien Druck reducirt.

In dieser Tabelle bezeichnet die neben einem Beobachtungsergebnisse bemerkte Chiffer den Beobachter, und zwar: BA., Biot und Arago; B., Berzelius; BD., Berzelius und Dulong; Bé., Bérard; C., Colin; D., Dümas; G., Gay-Lüssac; G. T., Gay-Lüssac und Thenard; M., Mitscherlich; R., H. Rose; S., Saussüre.

Gase und Dämpfe	Specifisches Gewicht		Anzahl der Atome in 1 Volumen
	gefunden	berechnet	
Luft	1	1	
Sauerstoff	1,1026 BD.	1,1026	1
Wasserstoff	0,0688 BD.	0,0688	1
Stickstoff	0,9760 BD.	0,9760	1
Kohlenstoff		0,8364	1
Chlor	2,47 GT.	2,4403	1
Brom	5,54 M.	5,3930	1
Iod	8,716 D.	8,7011	1
Fluor		1,2890	1
Schwefel	6,5 D. 6,9 M.	6,6542	3
Phosphor	4,42 D. 4,58 M.	4,3256	2
Arsenik	10,6 M.	10,3654	2
Quecksilber	7,0 M.	6,9785	$\frac{1}{2}$
Zinn		8,1074	1
Titan		3,3484	1
Bor		0,7497	$\frac{1}{2}$
Kiesel		1,0198	$\frac{1}{3}$

Gase und Dämpfe	Specifisches Gewicht		Anzahl der Atome in 1 Volumen
	gefunden	berechnet	
Cyan.....	1,8064 G.	1,8120	1
Cyanwasserstoff.....	0,9476 G.	0,9404	$\frac{1}{2}$
Wasser	0,6235 G.	0,6201	$\frac{1}{2}$
Ammoniak	0,5967 BA.	0,5912	$\frac{1}{2}$
Kohlenwasserstoff ... (Oelbildendes Gas)	0,985 S.	0,9740	1
Chlorwasserstoff	1,2474 BA.	1,2544	$\frac{1}{2}$
Bromwasserstoff		2,7311	$\frac{1}{2}$
Iodwasserstoff	4,44 G.	4,3850	$\frac{1}{2}$
Fluorwasserstoff		0,6789	$\frac{1}{2}$
Schwefelwasserstoff .	1,912 GT.	1,1778	$\frac{1}{2}$
Phosphorwasserstoff .	1,1—1,19 R.	1,1896	$\frac{1}{2}$
Arsenikwasserstoff...	2,695 D.	2,6945	$\frac{1}{2}$
Stickstoffoxydul	1,5204 C.	1,5273	$\frac{1}{2}$
Stickstoffoxyd	1,0388 Bé.	1,0393	$\frac{1}{2}$
Salpetrige Salpetersäure	1,72 M.	1,5906	$\frac{1}{8}$
Kohlenoxyd	0,9727	0,9695	$\frac{1}{2}$
Kohlensäure	1,5245 BD.	1,5208	$\frac{1}{2}$
Schwefflige Säure	2,247 B.	2,2116	$\frac{1}{2}$
Trockne Schwefelsäure	3,0 M.	2,7629	$\frac{1}{2}$
Arsenige Säure	13,85 M.	13,673	1
Chlorschwefel	4,70 D.	4,658	1
Flüssiger Chlorphos- phor	4,87 D.	4,741	$\frac{1}{2}$
Fester Chlorphosphor .	4,85 M.	4,79	$\frac{1}{3}$
Chlorarsenik	6,3 D.	6,252	$\frac{1}{2}$
Iodarsenik	16,1 M.	15,643	$\frac{1}{2}$
Quecksilberchlorür ...	8,35 M.	8,20	$\frac{1}{2}$
Quecksilberchlorid ...	9,8 M.	9,42	$\frac{1}{2}$
Quecksilberbromür ...	10,14 M.	9,675	$\frac{1}{2}$
Quecksilberbromid ...	12,16 M.	12,373	$\frac{1}{2}$

Gase und Dämpfe	Specifisches Gewicht		Anzahl der Atome in 1 Volumen
	gefunden	berechnet	
Quecksilberiodid	15,6—16,2 M.	15,68	$\frac{1}{2}$
Schwefelquecksilber	5,51 M.	5,39	$\frac{1}{3}$
Schwefelkohlenstoff	2,645 G.	2,639	$\frac{1}{2}$
Chlorzinn (Chlorid)	9,1997	8,934	$\frac{1}{2}$
Chlortitan	6,836	6,555	$\frac{1}{2}$
Antimonchlorür	7,8	8,106	$\frac{1}{2}$
Chlorbor	3,942	4,035	$\frac{1}{4}$
Fluorbor	2,312	2,308	$\frac{1}{4}$
Fluorsilicium	3,600	3,597	$\frac{1}{3}$
Aether	2,586 G.	2,583	$\frac{1}{2}$
Alkohol	1,608 G.	1,601	$\frac{1}{4}$
Mercaptan	2,326	2,158	$\frac{1}{4}$
Aldehyd	1,532	1,531	$\frac{1}{4}$
Essigsäurehydrat	2,770	2,778	$\frac{1}{3}$

Tabelle der chemischen Verhältnisszahlen der einfachen Stoffe.

Name	Formel	O = 100	H = 1
Aluminium	Al	171,17	13,72
„	2 Al	342,33	27,43
Antimon	Sb	806,45	64,62
„	2 Sb	1612,90	129,24
Arsenik	As	470,04	37,67
„	2 As	940,08	75,33
Baryum	Ba	856,88	68,66
Beryllium	Be	331,26	26,54
Blei	Pb	1294,50	103,73
„	2 Pb	2589,00	207,46
Boron	B	136,20	10,91
Brom	Br	978,31	78,39
„	2 Br	1956,61	156,78
„	3 Br	2934,92	235,18
Cadmium	Cd	696,77	55,83
Calcium	Ca	256,02	20,52
Cerium	Ce	574,70	46,05
„	2 Ce	1149,39	92,10
Chlor	Cl	442,65	35,47
„	2 Cl	885,30	70,94
„	3 Cl	1327,95	106,41
„	4 Cl	1770,61	141,88
„	5 Cl	2213,26	177,35
„	6 Cl	2655,91	212,82
„	7 Cl	3098,55	248,29
„	8 Cl	3541,20	283,76
„	9 Cl	3983,85	319,23
„	10 Cl	4426,50	354,70
„	11 Cl	4869,15	390,17

Einfache Stoffe.

Name	Formel	O = 100	H = 1
Chlor	12 Cl	5311,80	425,64
Chrom	Cr	351,82	28,19
„	2 Cr	703,63	56,38
Eisen	Fe	339,21	27,18
„	2 Fe	678,41	54,36
Fluor	F	233,80	18,74
„	2 F	467,60	37,47
„	3 F	701,40	56,20
„	4 F	935,20	74,96
Gold	Au	1243,01	99,60
„	2 Au	2486,03	199,21
Iod	I	1579,50	126,57
„	2 I	3159,00	253,13
„	3 I	4738,50	379,70
Iridium	Ir	1233,50	98,84
„	2 Ir	2467,00	197,68
Kalium	K	489,92	39,26
Kiesel	Si	277,31	22,22
Kobalt	Co	368,99	29,57
„	2 Co	737,98	59,14
/ Kohlenstoff	C	75,85*)	6,08
„	2 C	151,71	12,15
„	3 C	227,56	18,23
„	4 C	303,42	24,30
„	5 C	379,27	30,38
Kupfer	Cu	395,70	31,71
„	2 Cu	791,39	63,42
Lanthan	La	(Unbekannt)	
Lithium	Li	80,33	6,44

*) Nach neueren Untersuchungen von Redtenbacher und Liebig. Ann. d. Ch. u. Ph. Bd. 38. S. 113. Die früher von Berzelius gefundene Zahl ist 76,44.

Einfache Stoffe.

Name	Formel	O = 100	H = 1
Magnesium	Mg	158,35	12,69
Mangan	Mn	345,89	27,72
„	2 Mn	691,77	55,43
Molybdän	Mo	598,52	47,96
Natrium	Na	290,90	23,31
Nickel	Ni	369,68	29,62
„	2 Ni	739,35	59,24
Osmium	Os	1244,49	99,72
„	2 Os	2488,97	199,44
Palladium	Pd	665,90	53,36
Phosphor	P	196,14	15,72
„	2 P	392,29	31,43
Platin	Pt	1233,50	98,84
Quecksilber	Hg	1265,82	101,43
„	2 Hg	2531,65	202,86
Rhodium	Rh	651,39	52,20
„	2 Rh	1302,77	104,39
Sauerstoff	O	100,00	8,01
Schwefel	S	201,17	16,12
„	2 S	402,33	32,24
„	3 S	603,50	48,36
„	4 S	804,66	64,48
„	5 S	1005,83	80,60
„	6 S	1206,99	96,72
„	7 S	1408,16	112,84
„	8 S	1609,32	128,96
„	9 S	1810,49	145,08
„	10 S	2011,65	161,20
Selen	Se	494,58	39,63
„	2 Se	989,17	79,26
„	3 Se	1483,75	118,89

Einfache Stoffe.

Name	Formel	O = 100	H = 1
Silber	Ag	1351,61	108,30
Stickstoff	N	88,52	7,09
„	2 N	177,04	14,19
„	3 N	265,56	21,28
„	4 N	354,08	28,37
„	5 N	442,60	35,46
Strontium	Sr	547,29	43,85
Tantal	Ta	1153,72	92,45
„	2 Ta	2307,43	184,90
Tellur	Te	801,76	64,25
„	2 Te	1603,53	128,49
„	3 Te	2405,29	192,74
Thorium	Th	744,90	59,83
Titan	Ti	303,66	24,33
Uran	U	2711,36	217,26
„	2 U	5422,72	434,53
Vanadium	V	856,89	68,66
Wasserstoff	H	12,4795	1,00
„	2 H	24,959	2,00
„	3 H	37,439	3,00
„	4 H	49,918	4,00
„	5 H	62,398	5,00
Wismuth	Bi	886,92	71,07
„	2 Bi	1773,84	142,14
Wolfram	Wo	1183,00	94,80
Yttrium	Y	402,51	32,25
Zink	Zn	403,23	32,31
Zinn	Sn	735,29	58,92
„	2 Sn	1470,59	117,84
Zirkonium	Zr	420,20	33,67
„	2 Zr	840,40	67,34

Tabelle der chemischen Verhältnisszahlen der wichtigsten Salzbasen und ihrer electropositiven Radikale.

Name	Formel	Basis O = 100	Radikal O = 100
Alaunerde	$\text{Al}_2 \text{O}_3$	642,32	342,33
„	2	1284,66	684,66
„	3	1927,00	1027,00
Antimonoxyd	$\text{Sb}_2 \text{O}_3$	1912,90	1612,90
„	2	3825,81	3225,81
„	3	5738,71	4838,71
Baryt	Ba O	956,88	856,88
„	2	1913,76	1713,76
„	3	2870,64	2570,64
Bleioxyd	Pb O	1394,50	1294,50
„	2	2789,00	2589,00
„	3	4183,49	3883,49
„	4	5578,00	5178,00
„	5	6972,50	6472,50
Eisenoxydul	Fe O	439,21	339,21
„	2	878,42	678,42
„	3	1317,64	1017,64
Eisenoxyd	$\text{Fe}_2 \text{O}_3$	978,42	678,42
„	2	1956,84	1356,84
„	3	2935,26	2035,26
Kali	K O	589,92	489,92
„	2	1179,83	979,83
„	3	1769,75	1469,75

Salzbasen.

Name	Formel	Basis O = 100	Radikal O = 100
Kalkerde	Ca O	356,02	256,02
„	2	712,04	512,04
„	3	1068,06	768,06
Kupferoxydul	Cu ₂ O	891,39	791,39
„	2	1782,78	1582,78
„	3	2674,17	2374,17
Kupferoxyd	Cu O	495,70	395,70
„	2	991,39	791,39
„	3	1487,09	1187,09
Magnesia	Mg O	258,35	158,35
„	2	516,71	316,71
„	3	775,06	475,06
Manganoxydul	Mn O	445,89	345,89
„	2	891,77	691,77
„	3	1337,66	1037,66
Natron	Na O	390,90	290,90
„	2	781,79	581,79
„	3	1172,69	872,69
Quecksilberoxydul . .	Hg ₂ O	2631,65	2531,65
„	2	5263,29	5063,29
„	3	7894,93	7594,93
Quecksilberoxyd . . .	Hg O	1365,82	1265,82
„	2	2731,65	2531,65
„	3	4097,47	3797,47
Silberoxyd	Ag O	1451,61	1351,61
„	2	2903,21	2703,21
„	3	4354,82	4054,82
Strontianerde	Sr O	647,29	547,29
„	2	1294,57	1094,57
„	3	1941,86	1641,86

Salzbasen.

Name	Formel	Basis O = 100	Radikal O = 100
Wasser	HO = Aq	112,48	12,48
„	2	224,96	24,96
„	3	337,44	37,44
„	4	449,92	49,92
„	5	562,40	62,40
„	6	674,88	74,88
„	7	787,36	87,36
„	8	899,84	99,84
„	9	1012,32	112,32
„	10	1124,80	124,80
„	11	1237,28	137,28
„	12	1349,75	149,75
Zinkoxyd	Zn O	503,23	403,23
„	2	1006,45	806,45
„	3	1509,68	1209,68
Zinnoxydul . . .	Sn O	835,29	735,29
„ . . .	2	1670,59	1470,59
„ . . .	3	2505,88	2205,88
Zinnoxyd	Sn O ₂	935,29	735,29
<i>Organische Basen.</i>			
Ammoniak . . .	H ₃ N ₂ = $\overset{+}{A}$	214,48	226,95
„ . . .	2	428,95	453,91
„ . . .	3	643,42	680,86
Chinin	C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₂ = $\overset{+}{Ch}$	2055,80	2068,28
Cinchonin	C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O = $\overset{+}{Ci}$	1955,80	1968,28
Codein	C ₃₅ H ₂₀ N ₂ O ₅ = $\overset{+}{Co}$	3602,20	3614,68
Morphin	C ₃₅ H ₂₀ N ₂ O ₆ = $\overset{+}{Mo}$	3702,20	3714,68

Tabelle der chemischen Verhältniszahlen der Wasserstoffsäuren und Sauerstoffsäurenhydrate, so wie ihrer electronegativen Radikale.

Name	Formel	Verhältnisszahlen	
		der Säuren O = 100	der Säureradikale O = 100
<i>Unorganische Säuren.</i>			
Antimonsäurehydrat	$\text{Sb}_2 \text{O}_6 + \text{H}$	2225,38	2212,90
Antimoniges Säurehydrat	$\text{Sb}_2 \text{O}_5 + \text{H}$	2125,38	2112,90
Arseniksäurehydrat	$\text{As}_2 \text{O}_8 + 3\text{H}$	1777,52	1740,08
Boraxsäurehydrat	$\text{BO}_4 + \text{H}$	548,68	536,20
Bromwasserstoff	$\text{Br} + \text{H}$	990,79	978,31
Bromsäurehydrat	$\text{Br O}_6 + \text{H}$	1590,79	1578,31
Chlorwasserstoff (Salzsäure)	$\text{Cl} + \text{H}$	455,13	442,65
Unterchloriges Säurehydrat ..	$\text{Cl O}_2 + \text{H}$	655,13	642,65
Chloriges Säurehydrat	$\text{Cl O}_5 + \text{H}$	955,13	942,65
Chlorsäurehydrat	$\text{Cl O}_6 + \text{H}$	1055,13	1042,65
Ueberchlorsäurehydrat	$\text{Cl O}_8 + \text{H}$	1255,13	1242,65
Chromsäurehydrat	$\text{Cr O}_4 + \text{H}$	764,29	751,81
Cyanwasserstoff (Blausäure) ..	$\text{Cy} + \text{H}$	342,39	329,91
Cyansulfidwasserstoff (Schwefelblausäure)	$\text{Cy S}_2 + \text{H}$	744,72	732,24
Cyansäurehydrat (einbasisch)	$\text{Cy O}_2 + \text{H}$	542,39	529,91
Cyansäurehydrat (zweibasisch)			
(Knallsäure)	$\text{Cy}_2 \text{O}_4 + 2\text{H}$	1084,78	1059,82
Cyanursäurehydrat	$\text{Cy}_3 \text{O}_6 + 3\text{H}$	1627,17	1589,73
Ferro-Cyanwasserstoff (Eisenblausäure)	$\text{Fe Cy}_3 + 2\text{H}$	1353,90	1328,94
Ferrid-Cyanwasserstoff	$\text{Fe}_2 \text{Cy}_6 + 3\text{H}$	2695,32	2657,88
Fluor-Borwasserstoff	$\text{B Fl}_4 + \text{H}$	1083,88	1071,40

Wasserstoffsäuren.

Name	Formel	Verhältniszahlen	
		der Säuren O = 100	der Säureradikale O = 100
Fluor-Kieselwasserstoff	$\text{Si}_2 \text{Fl}_9 + 3\text{H}$	2699,26	2658,82
Fluorwasserstoff	$\text{Fl} + \text{H}$	246,28	233,80
Iodwasserstoff	$\text{I} + \text{H}$	1591,98	1579,50
Iodsäurehydrat	$\text{I O}_6 + \text{H}$	2191,98	2179,50
Kohlensäurehydrat	$\text{C O}_3 + \text{H}$	388,33	375,85
Mangansäurehydrat	$\text{Mn O}_4 + \text{H}$	758,37	745,89
Uebermangansäurehydrat	$\text{Mn}_2 \text{O}_8 + \text{H}$	1504,26	1491,78
Phosphorwasserstoff	$\text{P}_2 + 3\text{H}$	429,73	392,29
Phosphorsäurehydrat	$\text{P}_2 \text{O}_8 + 3\text{H}$	1229,73	1192,29
Pyrophosphorsäurehydrat	$\text{P}_2 \text{O}_7 + 2\text{H}$	1117,25	1092,29
Metaphosphorsäurehydrat	$\text{P}_2 \text{O}_6 + \text{H}$	1004,77	992,29
Phosphoriges Säurehydrat	$\text{P}_2 \text{O}_4 + 3\text{H}$	1029,73	992,29
Unterphosphoriges Säurehydrat	$\text{P}_2 \text{O}_6 + \text{H}$	604,77	592,29
Unterschwefliges Säurehydrat	$\text{S}_2 \text{O}_3 + \text{H}$	714,82	702,33
Schwefliges Säurehydrat	$\text{S O}_3 + \text{H}$	513,65	501,17
Unterschwefelsäurehydrat	$\text{S}_2 \text{O}_6 + \text{H}$	1014,82	1002,33
Schwefelsäurehydrat	$\text{S O}_4 + \text{H}$	613,65	601,17
Schwefelwasserstoff	$\text{S} + \text{H}$	213,65	201,17
Seleniges Säurehydrat	$\text{Se O}_3 + \text{H}$	807,06	794,58
Selensäurehydrat	$\text{Se O}_4 + \text{H}$	907,06	894,58
Salpetriges Säurehydrat	$\text{N}_2 \text{O}_4 + \text{H}$	589,52	577,04
Salpetersäurehydrat	$\text{N}_2 \text{O}_6 + \text{H}$	789,52	777,04
Tellursäurehydrat	$\text{Te O}_4 + \text{H}$	1214,24	1201,76
<i>Organische Säuren.</i>			
Ameisensäure	$\text{C}_2 \text{H O}_3 = \overline{\text{F}}$	464,19	
» hydrat	$\overline{\text{F O}} + \text{H}$	576,67	564,19
Apfelsäure	$\text{C}_8 \text{H}_4 \text{O}_8 = \overline{\text{M}}$	1456,75	
» hydrat	$\text{M O}_2 + 2\text{H}$	1681,71	1656,75
Benzoessäure	$\text{C}_{14} \text{H}_5 \text{O}_3 = \overline{\text{Bz}}$	1424,36	

Wasserstoffsäuren.

Name	Formel	Verhältniszahlen	
		der Säuren O = 100	der Säureradikale O = 100
Benzoessäurehydrat	$\overline{\text{Bz}} \text{O} + \text{H}$	1536,84	1524,36
Bernsteinsäure	$\text{C}_8 \text{H}_3 \text{O}_5 = \overline{\text{S}}$	1114,27	
„ hydrat	$\overline{\text{S}} \cdot \text{O}_3 + 3\text{H}$	1481,71	1414,71
Citronensäure	$\text{C}_{12} \text{H}_5 \text{O}_{11} = \overline{\text{Ci}}$	2072,65	
„ hydrat	$\overline{\text{Ci}} \cdot \text{O}_3 + 3\text{H}$	2410,09	2372,65
Fumarsäure	$\text{C}_4 \text{H} \text{O}_5 = \overline{\text{Fu}}$	815,90	
„ hydrat	$\overline{\text{Fu}} \cdot \text{O} + \text{H}$	928,38	915,90
Gallussäure	$\text{C}_7 \text{H} \text{O}_2 = \overline{\text{G}}$	743,46	
„ hydrat	$\overline{\text{G}} \cdot \text{O}_2 + 2\text{H}$	968,42	943,46
Harnsäure	$\text{C}_{10} \text{H}_4 \text{N}_8 \text{O}_6 = \overline{\text{U}}$	2116,62	
Kleesäure	$\text{C}_2 \text{O}_3 = \overline{\text{O}}$	451,71	
„ hydrat	$\overline{\text{O}} \cdot \text{O} + \text{H}$	564,19	551,71
Maleinsäure	$\text{C}_8 \text{H}_2 \text{O}_6 = \overline{\text{Ma}}$	1231,79	
„ hydrat	$\overline{\text{Ma}} \cdot \text{O}_2 + 2\text{H}$	1456,75	1431,79
Essigsäure	$\text{C}_4 \text{H}_3 \text{O}_3 = \overline{\text{A}}$	640,86	
„ hydrat	$\overline{\text{A}} \cdot \text{O} + \text{H}$	753,34	740,86
Margarinsäure	$\text{C}_{34} \text{H}_{33} \text{O}_3 = \overline{\text{Mr}}$	3290,86	
„ hydrat	$\overline{\text{Mr}} \cdot \text{O} + \text{H}$	3403,34	3390,86
Oelsäure	$\text{C}_{44} \text{H}_{39} \text{O}_4 = \overline{\text{Ol}}$	4224,28	
„ hydrat	$\overline{\text{Ol}} \cdot \text{O} + \text{H}$	4336,76	4324,28
Stearinsäure	$\text{C}_{68} \text{H}_{66} \text{O}_5 = \overline{\text{St}}$	6481,72	
„ hydrat	$\overline{\text{St}} \cdot \text{O}_2 + 2\text{H}$	6706,68	6681,72
Schleimsäure	$\text{C}_{12} \text{H}_8 \text{O}_{14} = \overline{\text{Mu}}$	2410,09	
„ hydrat	$\overline{\text{Mu}} \cdot \text{O}_2 + 2\text{H}$	2635,05	2610,09
Weinsäure	$\text{C}_8 \text{H}_4 \text{O}_{10} = \overline{\text{T}}$	1656,75	
„ hydrat	$\overline{\text{T}} \cdot \text{O}_2 + 2\text{H}$	1881,71	1856,75

Tabelle der chemischen Verhältnisszahlen der wichtigsten zusammengesetzten Körper (nach ihrem electronegativen Radikale alphabetisch geordnet).

Name	Formel	O = 100
Arseniksaures Kali mit 1 At. fixer Basis (saures arseniksaures Kali)	$\text{As}_2 \text{O}_8 \left\{ \begin{array}{l} \text{K} \\ 2\text{H} \end{array} \right.$	2254,96
dto wasserfrei	$\text{K O} \cdot \text{As}_2 \text{O}_5$	2030,00
Boraxsäure, krystallisirte . . .	$\text{B O}_3 + 3\text{Aq.}$	773,64
dto bei 100° getrocknet . . .	$2\text{B O}_3 + 3\text{Aq.}$	1209,84
Boraxsaures Natron	$\text{Na O} \cdot \text{B O}_3$	827,11
Saures boraxsaures Natron .	$(\text{Na O}) 2\text{B O}_3$	1263,31
dto krystallisirtes (Borax)	$(\text{Na O}) 2\text{B O}_3 + 10 \text{Aq}$	2388,10
Anderthalb boraxs. Natron	$2\text{B O}_3 + 3\text{Na O}$	2045,10
Chlorverbindungen.		
Aluminiumchlorid	$\text{Al}_2 \text{Cl}_3$	1670,29
Ammoniumchlorür (Salmiak)	$\text{N}_2 \text{H}_4 \text{Cl}$	669,60
Antimonchlorür	$\text{Sb}_2 \text{Cl}_3$	2940,85
» chlorid	$\text{Sb}_2 \text{Cl}_4$	3383,50
» superchlorid	$\text{Sb}_2 \text{Cl}_5$	3826,15
Arsenikchlorid	$\text{As}_2 \text{Cl}_3$	2268,04
Baryumchlorür	Ba Cl	1299,53
dto mit Krystallwasser	$\text{Ba Cl} + 2\text{Aq}$	1524,49
Bleichlorid	Pb Cl	1737,15
dto 2fach basisches . . .	$\text{Pb}_3 \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl} \\ \text{O}_2 \end{array} \right.$	4526,15

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O = 100
Chlorverbindungen.		
Bleichlorid 3fach basisches	$\text{Pb}_4 \left\{ \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \text{O}_3 \end{array} \right\} + 4\text{Aq}$	6370,56
dto 7fach basisches ...	$\text{Pb}_8 \left\{ \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \text{O}_7 \end{array} \right\}$	11498,63
Calciumchlorid	Ca Cl	698,67
dto mit Krystallwasser	$\text{Ca Cl} + 6\text{Aq}$	1373,55
dto 3fach basisches	$\text{Ca}_4 \left\{ \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \text{O}_3 \end{array} \right\} + 15\text{Aq}$	3453,92
Cyanchlorid	Cy Cl	772,56
Eisenchlorür	Fe Cl	781,86
dto wasserhaltig	$\text{Fe Cl} + 4\text{Aq}$	1231,78
Eisenchlorid	$\text{Fe}_2 \text{Cl}_3$	2006,36
Goldchlorid	$\text{Au}_2 \text{Cl}_3$	3813,98
dto saures	$2\text{Au}_2 \text{Cl}_3 + 3\text{HCl}$	8993,35
Kaliumchlorid	K Cl	932,57
Kohlenstoffchlorür	$\text{C}_2 \text{Cl}$	594,36
Kohlenstoffchlorid	CCl	518,50
Kohlenstoffsesquichlorid .	$\text{C}_2 \text{Cl}_3$	1479,66
Kupferchlorür	$\text{Cu}_2 \text{Cl}$	1234,04
» chlorid	Cu Cl	838,35
Magnesiumchlorid	Mg Cl	601,00
dto wasserhaltiges ...	$\text{Mg O} . \text{H Cl} + 4\text{Aq}$	
(Salzsaure Magnesia)		1163,40
Magnesium - Ammonium- chlorid	$\text{Mg} \left\{ \begin{array}{c} \text{N}_2 \text{ H}_4 \end{array} \right\} + 2\text{Cl}$	1270,60
Natriumchlorid	Na Cl	733,55
Phosphorchlorür	$\text{P}_2 \text{Cl}_3$	1720,20
» chlorid	$\text{P}_2 \text{Cl}_5$	2605,54
Platinchlorür	Pt Cl	1676,15

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O = 100
Chlorverbindungen		
Platinchlorid	Pt Cl_2	2118,80
Ammonium-Platinchlorid . (Platinsalmiak)	$\text{N}_2 \text{H}_4 \text{Cl} \cdot \text{Pt Cl}_2$	2788,40
Kalium-Platinchlorid	$\text{K Cl} \cdot \text{Pt Cl}_2$	3051,37
Natrium-Platinchlorid . . .	$\text{Na Cl} \cdot \text{Pt Cl}_2$	2852,35
Quecksilberchlorür	$\text{Hg}_2 \text{Cl}$	2974,30
Quecksilberchlorid	Hg Cl	1708,47
dto basisches	$\text{Hg}_4 \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl} \\ \text{O}_3 \end{array} \right.$	5505,94
Silberchlorid	Ag Cl	1794,26
Zinkchlorid	Zn Cl	845,88
Zinnchlorür	Sn Cl	1177,95
Salzsaures Zinnoxidul . .	$\text{Sn O} + \text{H Cl}$	1290,42
Zinnchlorid	Sn Cl_2	1620,60
Unterchlorigsaurer Kalk	$\text{Ca} \cdot \text{Cl O}_3$	898,67
Unterchlorigsaures Kali	$\text{K} \cdot \text{Cl O}_3$	1132,55
Unterchlorigsaures Natron .	$\text{Na} \cdot \text{Cl O}_3$	833,55
Chlorsaures Kali	$\text{K} \cdot \text{Cl O}_6$	1532,57
Chlorsaures Natron	$\text{Na} \cdot \text{Cl O}_6$	1333,55
Chromsaures Bleioxyd	$\text{Pb O} \cdot \text{Cr O}_3 = \text{Pb} \cdot \text{Cr O}_4$	2046,31
dto basisches	$\text{Pb}_2 \left\{ \begin{array}{l} \text{Cr O}_4 \\ \text{O} \end{array} \right.$	3440,81
Chromsaures Kali	$\text{K O} \cdot \text{Cr O}_3$	1241,73
dto saures	$\text{K O} \cdot \text{Cr}_2 \text{O}_6$	1893,55
Chromsaur. Quecksilberoxyd	$\text{Hg O} \cdot \text{Cr O}_3$	2017,64
Chromsaures Kali mit Cyan- quecksilber	$\text{K O} \cdot \text{Cr O}_3 + \text{Hg Cy}$	2837,46
Cyan	$\text{Cy} = \text{C}_2 \text{N}_2$	329,31
Ammoniumcyanid	$\text{N}_2 \text{H}_4 \cdot \text{Cy}$	556,87
Kaliumcyanid	K Cy	819,83

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Cyanverbindungen		
Eisencyanür	Fe Cy	669,12
Eisencyanid	Fe ₂ Cy ₃	1668,14
Quecksilbercyanid	Hg Cy	1595,73
basisches Cyanquecksilber	Hg ₂ { Cy O	2961,56
Silbercyanid	Ag Cy	1681,52
Zinkcyanid	Zn Cy	733,14
Cyansulfid (Schwefelcyan) . .	Cy S ₂	732,24
Ammonium-Cyansulfid	N ₂ H ₄ . Cy S ₂	959,20
Kalium-Cyansulfid	K . Cy S ₂	1222,16
Silber-Cyansulfid	Ag . Cy S ₂	2083,85
Cyansaures Ammoniak (auch Harnstoff)	N ₂ H ₄ . Cy O ₂	756,87
Cyansaures Kali	K . Cy O ₂	1019,83
„ Silber	Ag . Cy O ₂	1881,52
Zweibasisch cyansaures oder knallsaures Silberoxyd . . .	Ag ₂ . Cy ₂ O ₄	3763,04
Knallsaures Silberoxyd-Kali	Ag K { Cy ₂ O ₄	2901,35
Saures knallsaures Silber- oxyd	Ag H { Cy ₂ O ₄	2423,91
Cyanursaures Kali (saures)	H ₂ K { Cy ₃ O ₆	2104,61
„ „ (neutrales)	H K ₂ { Cy ₃ O ₆	2582,05
Cyanursaures Silberoxyd (neu- trales)	Ag ₂ H { Cy ₃ O ₆	4305,43
dto (basisches)	Ag ₃ . Cy ₃ O ₆	5444,56
Ferrocyan	FeCy ₃	1328,94

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Ferrocyan-Kalium	$K_2 \cdot Fe Cy_3$	2308,77
„ „ mit Krystallw.	$K_2 \cdot Fe Cy_3 + 3Aq$	2646,21
Ferrocyan-Kalium-Calcium	$K \left\{ \begin{array}{l} Fe Cy_3 \\ Ca \end{array} \right.$	3893,73
Ferrocyan-Eisen?	$Fe_2 \cdot Fe Cy_3$	2007,36
Ferrocyanid-Eisen (Berlinerblau)	$2Fe_2 + 3Fe Cy_3$	5343,66
Basisches Berlinerblau	$2Fe_2 \left\{ \begin{array}{l} + 3Fe Cy_3 \\ + 3O \end{array} \right.$	6322,07
Ferrocyan-Kalium-Eisen	$K \left\{ \begin{array}{l} + 2Fe Cy_3 \\ 3Fe \end{array} \right.$	5494,36
Ferrocyanid-Eisen-Kalium (lösliches Berlinerblau)	$K_2 \left\{ \begin{array}{l} + 4Fe Cy_3 \\ 2Fe_2 \end{array} \right.$	7652,43
Ferridcyan	$Fe_2 Cy_6$	2657,88
Ferridcyan-Kalium	$K_3 \cdot Fe_2 Cy_6$	4127,64
Ferridcyan-Eisen	$Fe_3 \cdot Fe_2 Cy_6$	3675,51
Fluorbor	$B Fl_3$	837,60
„ Kalium	$K \cdot B Fl_4$	1561,32
Fluorcalcium (Flusssäurer Kalk)	$Ca Fl$	489,82
Fluorchrom	$Cr Fl_3$	1053,22
Fluorkalium	$K Fl$	723,72
„ saures	$K Fl + H Fl$	970,00
Fluor-Chlor-Baryum	$Ba_2 \left\{ \begin{array}{l} Fl \\ Cl \end{array} \right.$	2390,21
Fluorkiesel	$Si Fl_3$	978,71
„ Kalium	$K_3 \cdot Si_2 Fl_9$	4128,57
Fluor-Natrium-Aluminium (Kryolith)	$3Na Fl + Al_2 Fl_3$	2617,83
Kohlensaurer Baryt	$Ba O \cdot CO_2$	1233,32
Kohlensaures Bleioxyd	$Pb O \cdot CO_2$	1670,94

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Kohlensaures Eisenoxydul ..	$\text{FeO} \cdot \text{CO}_2$	715,65
„ Kali	$\text{KO} \cdot \text{CO}_2$	865,77
Doppelt kohlensaures Kali	$\text{KO} \left. \begin{array}{l} \text{HO} \end{array} \right\} + 2\text{CO}_2$	1254,10
Kohlensaure Kalkerde	$\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$	631,87
„ Baryt-Kalkerde	$\text{BaO} \left. \begin{array}{l} \text{CaO} \end{array} \right\} + 2\text{CO}_2$	1865,19
Kohlensaures Kupferoxyd (Kupferlazur)	$2\text{CuO} \cdot \text{CO}_2 + \text{CuO} \cdot \text{HO}$	1876,00
dto basisches (Malachit)	$\text{CuO} \cdot \text{CO}_2 + \text{CuO} \cdot \text{HO}$	1380,31
Kohlensaure Magnesia	$\text{MgO} \cdot \text{CO}_2$	534,20
dto (Magnesia alba) ..	$4\text{MgO} \left\{ \begin{array}{l} 3\text{CO}_2 \\ \text{HO} \end{array} \right\} + 3\text{Aq}$	2310,87
Kohlensaure Kalk-Talkerde .	$\text{CaO} \left. \begin{array}{l} \text{MgO} \end{array} \right\} + 2\text{CO}_2$	1166,07
Kohlensaures Manganoxydul	$\text{MnO} \cdot \text{CO}_2$	721,74
Kohlensaures Natron	$\text{NaO} \cdot \text{CO}_2$	666,75
dto mit Krystallwasser	$\text{NaO} \cdot \text{CO}_2 + 10\text{Aq}$	1791,55
Doppelt kohlensaures Natron	$\text{NaO} \left. \begin{array}{l} \text{HO} \end{array} \right\} 2\text{CO}_2$	1055,05
Kohlensaure Strontianerde ..	$\text{SrO} \cdot \text{CO}_2$	923,14
Oxyde (Sauerstoffverbindungen)		
Ammoniumoxyd	$\text{N}_2\text{H}_4\text{O}$	326,95
Alaunerde	Al_2O_3	642,33
Antimonoxyd	Sb_2O_3	1912,90
Antimonige Säure	Sb_2O_4	2012,90
Antimonsäure	Sb_2O_5	2112,90
Arsenige Säure	As_2O_3	1240,08
Arseniksäure	As_2O_5	1440,08
Baryt	BaO	956,88

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Oxyde		
Barythydrat	Ba O . H O	1069,36
„ mit Krystallwasser	BaO . HO + 9Aq	2081,67
Baryumhyperoxyd	Ba O ₂	1056,88
Beryllerde	Be ₂ O ₃	962,52
Bleioxyd	Pb . O	1394,50
Bleihyperoxydul	Pb ₂ O ₃	2889,00
Bleihyperoxyd	Pb O ₂	1494,50
Boraxsäure	B O ₃	436,20
Bromsäure	Br ₂ O ₅	1478,31
Cadmiumoxyd	Cd O	796,77
Calciumoxyd (Kalk)	Ca O	356,02
Kalkhydrat	Ca O . H O	468,50
Calciumhyperoxyd	Ca O ₂	456,02
Ceriumoxydul	Ce O	674,70
Ceriumoxyd	Ce ₂ O ₃	1449,39
Unterchlorige Säure	Cl O	542,65
Chlorige Säure	Cl O ₄	842,65
Chlorsäure	Cl O ₅	942,65
Ueberchlorsäure	Cl O ₇	1142,65
Chromoxyd	Cr ₂ O ₃	1003,63
Chromhyperoxyd	Cr O ₂	551,82
Chromsäure	Cr O ₃	651,82
Eisenoxydul	Fe O	439,21
„ hydrat	Fe O . H O	551,69
Eisenoxyduloxyd	Fe O . Fe ₂ O ₃	1417,62
Eisenoxyd	Fe ₂ O ₃	978,41
„ hydrat	2Fe ₂ O ₃ + 3H O	2294,26
Goldoxydul	Au ₂ O	2586,03
Goldoxyd	Au ₂ O ₃	2786,03
Unteriodige Säure	I O	1679,50

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Oxyde		
Iodsäure	IO_5	2079,50
Ueberiodsäure	IO_7	2279,50
Iridiumoxydul	IrO	1333,50
Iridiums sesquioxydul	Ir_2O_3	2767,00
Iridiumoxyd	IrO_2	1433,50
Iridiumüberoxyd	IrO_3	1533,50
Kali	KO	589,92
» hydrat	KO.HO	702,40
Kaliumhyperoxyd	KO_3	789,92
Kieselerde	SiO_2	577,31
Kobaltoxydul	CoO	468,99
» oxyd	Co_2O_3	1037,98
Kohlenoxyd	CO	175,85
Kohlensäure	CO_2	275,85
Kleesäure	C_2O_3	451,70
Kupferoxydul	Cu_2O	891,39
Kupferoxyd	CuO	495,70
» hydrat	CuO.HO	608,17
Kupferhyperoxyd	CuO_2	595,70
Lithiumoxyd	LiO	180,33
Magnesia	MgO	285,35
Manganoxydul	MnO	445,89
Manganoxyduloxyd	$\text{MnO.Mn}_2\text{O}_3$	1437,66
Manganoxyd	Mn_2O_3	991,77
Manganhyperoxyd	MnO_2	545,89
Mangansäure	MnO_3	645,89
Uebermangansäure	Mn_2O_7	1391,78
Molybdänoxydul	MoO	698,52
Molybdänoxyd	MoO_2	798,52
Molybdänsäure	MoO_3	898,52

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Oxyde		
Natron	Na O	390,90
» hydrat	Na O . H O	503,38
Natronhyperoxyd	Na ₂ O ₃	881,79
Nickeloxydul	Ni O	469,68
Nickeloxyd	Ni ₂ O ₃	839,35
Osmiumoxydul	Os O	1344,49
Osmiums Sesquioxydul	Os ₂ O ₃	2788,97
Osmiumoxyd	Os O ₂	1444,49
Osmiumüberoxyd	Os O ₃	1544,49
Osmiumsäure	Os O ₄	1644,49
Palladiumoxydul	Pd . O	765,90
Palladiumoxyd	Pd O ₂	865,90
Phosphoroxyd	P ₃ O	688,34
Unterphosphorige Säure	P ₂ O	492,28
Phosphorige Säure	P ₂ O ₃	692,28
Phosphorsäure	P ₂ O ₅	892,28
Platinoxydul	Pt O	1333,50
Platinoxyd	Pt O ₂	1433,50
Quecksilberoxydul	Hg ₂ O	2631,65
Quecksilberoxyd	Hg O	1365,82
Rhodiumoxydul	R O	751,39
Rhodiumoxyd	R ₂ O ₃	1602,77
Unterschweflige Säure	S ₂ O ₂	602,33
Schweflige Säure	S O ₂	401,16
Unterschwefelsäure	S ₂ O ₅	902,33
Schwefelsäure	S O ₃	501,16
Selenige Säure	Se O ₂	694,58
Selensäure	Se O ₃	794,58
Silberoxyd	Ag O	1451,61
Stickstoffoxydul	N ₂ O	277,04

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Oxyde		
Stickstoffoxyd	N_2O_2	377,04
Salpetrige Säure	N_2O_3	477,04
Untersalpetersäure	N_2O_4	577,04
Salpetersäure	N_2O_5	677,04
Strontian	SrO	647,29
Strontiumhyperoxyd	SrO_2	747,29
Tantaloxyd	TaO	1253,72
Tantalsäure	Ta_2O_3	2607,44
Telluroxyd	TeO_2	1001,76
Tellursäure	TeO_3	1101,76
Thoriumoxyd	ThO	844,90
Titansäure	TiO_2	503,66
Uranoxydul	UO	2811,36
„ oxyd	U_2O_3	5722,72
Vanadiumoxydul	VO	956,89
„ oxyd	VO_2	1056,89
„ säure	VO_3	1156,89
Wasser	HO	112,48
Wasserstoffhyperoxyd	HO_2	212,48
Wismuthoxyd	BiO	986,92
Wismuthüperoxyd	Bi_2O_3	2073,84
Wolframoxyd	WO_2	1383,00
Wolframsäure	WO_3	1483,00
Yttererde	YO	502,51
Zinkoxyd	ZnO	503,23
Zinnoxydul	SnO	835,29
Zinnüperoxydul	Sn_2O_3	1770,59
Zinnoxyd	SnO_2	935,29
Zirkonerde	Zr_2O_3	1140,40
Phosphorsaures Bleioxyd	$2PbO + P_2O_5$	3681,28

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Phosphorsaurer Baryt	$2\text{Ba O} + \text{P}_2\text{O}_5$	2806,05
„ Kalk	$2\text{Ca O} + \text{P}_2\text{O}_5$	1604,32
Phosphorsaurer Kalk basischer	$3\text{Ca O} + \text{P}_2\text{O}_5$	1960,34
„ dto (Knochen-		
erde) . . .	$8\text{Ca O} + 3\text{P}_2\text{O}_5$	5525,01
„ dto saurer . .	$\text{Ca O} + \text{P}_2\text{O}_5$	1248,30
Phosphorsaures Natron (neu-		
trales)	$2\text{Na} \left. \begin{array}{l} \\ \text{H} \end{array} \right\} + \text{P}_2\text{O}_8$	1786,56
dto mit Krystallwasser . . .	$2\text{Na} \left. \begin{array}{l} \\ \text{H} \end{array} \right\} + \text{P}_2\text{O}_8 + 24\text{Aq}$	4486,06
dto (basisches)	$3\text{Na} + \text{P}_2\text{O}_8$	2064,98
dto saures	$\text{Na} \left. \begin{array}{l} \\ 2\text{H} \end{array} \right\} + \text{P}_2\text{O}_8$	1508,15
Phosphorsaures Kali-Natron	$\text{Na} \left. \begin{array}{l} \\ \text{K} \end{array} \right\} + \text{P}_2\text{O}_8$	1985,59
„ Eisenoxydul	$\text{H} \left. \begin{array}{l} 2\text{Fe} \\ \end{array} \right\} + \text{P}_2\text{O}_8$	1883,19
„ Eisenoxyd . .	$2\text{Fe}_2 \left. \begin{array}{l} \\ 3\text{H} \end{array} \right\} + 3\text{P}_2\text{O}_8$	4971,15
Pyrophosphorsaures Natron .	$2\text{Na} + \text{P}_2\text{O}_7$	1674,08
„ dto saures	$\text{Na} \left. \begin{array}{l} \\ \text{H} \end{array} \right\} + \text{P}_2\text{O}_7$	1395,67
„ Eisen-		
oxydul . .	$2\text{Fe} + \text{P}_2\text{O}_7$	1770,71
„ Eisenoxyd	$2\text{Fe}_2 + 3\text{P}_2\text{O}_7$	4633,71
Metaphosphorsaures Natron .	$\text{Na} \cdot \text{P}_2\text{O}_6$	1283,19
Schwefelsaure Alaunerde . . .	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3 =$	
	$\text{Al}_2 + 3\text{SO}_4$	2145,83
dto mit Krystallwasser . . .	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3 + 18\text{Aq}$	4170,46

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Schwefelsaure Alaunerde basische	$3\text{Al}_2 \left\{ \begin{smallmatrix} 3\text{SO}_4 \\ 2\text{O}_3 \end{smallmatrix} \right\} + 27\text{Aq}$	6467,43
Schwefelsaures Ammoniak . .	$\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{SO}_4$	828,11
dto mit Krystallwasser	$\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{SO}_4 + \text{Aq}$	940,59
Schwefelsaure Alaunerde-Ammoniak (Ammoniak-Alaun)	$\text{Al}_2 \left\{ \begin{smallmatrix} 4\text{SO}_4 \\ \text{N}_2\text{H}_4 \end{smallmatrix} \right\} + 24\text{Aq}$	5673,46
Schwefels. Alaunerde-Kali (Kali-Alaun)	$\text{Al}_2 \left\{ \begin{smallmatrix} 4\text{SO}_4 \\ \text{K} \end{smallmatrix} \right\} + 24\text{Aq}$	5936,43
Schwefelsaurer Baryt	$\text{BaO} \cdot \text{SO}_3$	1458,05
Schwefelsaures Blei	$\text{PbO} \cdot \text{SO}_3$	1895,66
„ Eisenoxydul	$\text{FeO} \cdot \text{SO}_3 = \text{Fe} \cdot \text{SO}_4$	940,37
dto wasserhaltig (Eisenvitriol)	$\text{Fe} \cdot \text{SO}_4 \left\{ \begin{smallmatrix} + 6\text{Aq} \\ \text{H} \cdot \text{O} \end{smallmatrix} \right\}$	1727,74
Schwefelsaures Eisenoxydul-Kali	$\text{Fe} \left\{ \begin{smallmatrix} 2\text{SO}_4 \\ \text{K} \end{smallmatrix} \right\} + 6\text{Aq}$	2706,33
„ Eisenoxyd . .	$\text{Fe}_2 + 3\text{SO}_4$	2481,90
„ Eisenoxyd-Kali (Eisenoxyd-Alaun) . .	$\text{Fe}_2 \left\{ \begin{smallmatrix} 4\text{SO}_4 \\ \text{K} \end{smallmatrix} \right\} + 24\text{Aq}$	6272,48
Schwefelsaurer Kalk	$\text{Ca} \cdot \text{SO}_4$	857,18
dto wasserhaltiger (Gyps)	$\text{Ca} \cdot \text{SO}_4 \left\{ \begin{smallmatrix} + \text{Aq} \\ \text{H} \cdot \text{O} \end{smallmatrix} \right\}$	1082,14
Schwefelsaurer Kalk-Natron	$\text{Ca} \left\{ \begin{smallmatrix} + 2\text{SO}_4 \\ \text{Na} \end{smallmatrix} \right\}$	1849,24
Schwefelsaures Kali	$\text{K} \cdot \text{SO}_4$	1091,08
dto saures	$\text{K} \left\{ \begin{smallmatrix} + 2\text{SO}_4 \\ \text{H} \end{smallmatrix} \right\}$	1704,73
Schwefelsaures Kupferoxyd	$\text{Cu} \cdot \text{SO}_4$	996,86
dto wasserhaltiges (Kupfervitriol)	$\text{Cu} \cdot \text{SO}_4 \left\{ \begin{smallmatrix} + 4\text{Aq} \\ \text{H} \cdot \text{O} \end{smallmatrix} \right\}$	1529,56

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Schwefels. Kupferoxyd basisches	$3\text{Cu} \left\{ \begin{array}{l} \text{S O}_4 \\ 2 \text{ O} \end{array} \right\} + 3\text{Aq}$	2325,69
Schwefelsaure Magnesia ...	Mg. S O_4	759,52
dto krystallisirt	$\text{Mg. S O}_4 \left\{ \begin{array}{l} \\ \text{H. O} \end{array} \right\} + 6\text{Aq}$	1546,87
Schwefelsaure Magnesia-Ammoniak	$\text{Mg} \left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ S O} + 6\text{Aq} \\ \text{N}_2 \text{H}_4 \end{array} \right\}$	2262,51
„ Natron-Magnesia	$\text{Mg} \left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ S O}_4 + 6\text{Aq} \\ \text{Na} \end{array} \right\}$	2326,46
Schwefelsaures Natron	Na. S O_4	892,06
dto wasserhaltiges (Glaubersalz)	$\text{Na. S O}_4 + 10\text{Aq}$	2016,86
Schwefelsaure Strontianerde	Sr. S O_4	1148,45
Schwefelsaures Zinkoxyd ...	Zn. S O_4	1004,39
dto krystallisirtes (Zinkvitriol)	$\text{Zn. S O}_4 \left\{ \begin{array}{l} \\ \text{H. O} \end{array} \right\} + 6\text{Aq}$	1791,76
Schwefelverbindungen.		
Schwefel-Ammonium	$\text{N}_2 \text{H}_4 \cdot \text{S}$	428,12
Doppelt Schwefelwasserstoff-Ammoniak	$\text{N}_2 \text{H}_4 \text{S} + \text{HS}$	641,76
Schwefelantimon	$\text{Sb}_2 \text{S}_3$	2216,40
Schwefelantimonoxyd ..	$3\text{Sb}_2 \left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ S}_3 \\ \text{O}_3 \end{array} \right\}$	4635,70
Unterarsenichtschwefel ..	$\text{As}_2 \text{S}_2$	1342,41
Arsenichtschwefel	$\text{As}_2 \text{S}_3$	1543,58
Arsenikschwefel	$\text{As}_2 \text{S}_5$	1945,91
„ -Natrium	$2\text{NaS} + \text{As}_2 \text{S}_5$	2930,03
dto basisches	$3\text{NaS} + \text{As}_2 \text{S}_5 + 15\text{Aq}$	5109,29
dto saures	$\text{NaS} + \text{As}_2 \text{S}_5$	2437,97
Schwefelbaryum	Ba S	1058,05

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Schwefelverbindungen		
Schwefelblei	Pb S	1495,66
Schwefelcalcium	Ca S	457,18
Schwefeleisen (Sulfür) ..	Fe S	540,38
Eisensulfid	Fe ₂ S ₃	1281,92
Doppelt Schwefeleisen ..	Fe S ₂	741,54
Schwefelkalium	K S	691,08
Doppelt Schwefelkalium	K S ₂	892,25
Dreifach "	K S ₃	1093,41
Vierfach "	K S ₄	1294,58
Fünffach "	K S ₅	1495,74
Schwefelkohlenstoff	CS ₂	478,77
Schwefelkohlenst.-Kalium (Kohlenschwefliges Schwefelkalium)	K S.CS ₂ =K.CS ₃	1169,86
Halb Schwefelkupfer ...	Cu ₂ S	992,56
Schwefelkupfer	Cu S	596,86
Schwefelnatrium	Na S	492,06
Halb Schwefelquecksilber	Hg ₂ S	2732,81
Schwefelquecksilber	Hg S	1466,99
Schwefelsilber	Ag S	1552,77
Schwefeltitan	Ti S ₂	706,01
Schwefelwasserstoff	H S	213,65
"-Kalium	K S.H S	904,73
"-Natrium	Na S.H S	705,71
Schwefelzink	Zn S	604,39
Schwefelzinn	St S	936,46
Anderthalb Schwefelzinn	St ₂ S ₃	2074,08
Doppelt Schwefelzinn ...	St S ₂	1137,62
Salpetersaures Ammoniak ..	N ₂ H ₄ .N ₂ O ₆ +Aq	1116,47
Salpetersaurer Baryt	Ba O.N ₂ O ₅	1633,92

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Salpetersaures Bleioxyd	$\text{Pb O} \cdot \text{N}_2 \text{O}_5$	2071,53
dto basisches	$2\text{Pb} \left\{ \begin{array}{l} \text{N}_2 \text{O}_6 \\ \text{O} \end{array} \right.$	3466,03
dto mit phosphorsaurem Bleioxyde	$\text{Pb} \cdot \text{N}_2 \text{O}_6 + \left\{ \begin{array}{l} 2\text{Pb} \\ \text{H} \end{array} \right\} \text{P}_2 \text{O}_8$	5865,29
Salpetersaures Kali	$\text{K O} \cdot \text{N}_2 \text{O}_5$	1266,95
Salpetersaurer Kalk	$\text{C O} \cdot \text{N}_2 \text{O}_5$	1033,06
Salpetersaures Kupferoxyd . .	$\text{Cu O} \cdot \text{N}_2 \text{O}_5$	1172,73
" Natron	$\text{Na O} \cdot \text{N}_2 \text{O}_5$	1067,94
" Silberoxyd	$\text{Ag O} \cdot \text{N}_2 \text{O}_5$	2128,64
" dto mit Cyan- silber	$3\text{Ag} + \left\{ \begin{array}{l} 2\text{N}_2 \text{O}_6 \\ \text{Cy} \end{array} \right.$	5938,80
" Silberoxyd- Quecksilberoxyd	$\left. \begin{array}{l} \text{Hg} \\ \text{Ag} \end{array} \right\} + 2\text{N}_2 \text{O}_6$	4171,50
" Silber mit Cyan-Quecksilber	$\text{Ag} \cdot \text{N}_2 \text{O}_6 + 2\text{Hg Cy}$	5320,10
Salpetersaure Strontianerde	$\text{Sr O} \cdot \text{N}_2 \text{O}_5$	1324,32
Essigsaures Bleioxyd	$\text{Pb O} \cdot \overline{\text{A}}$	2037,69
dto mit Krystallwasser	$\text{Pb O} \cdot \overline{\text{A}} + 3\text{Aq}$	2375,12
$\frac{1}{3}$ essigsaures Bleioxyd	$(\text{Pb O})_3 \overline{\text{A}}$	4826,68
$\frac{1}{6}$ essigsaures Bleioxyd	$(\text{Pb O})_6 \overline{\text{A}}$	9010,17
Essigsaures Kali	$\text{K O} \cdot \overline{\text{A}}$	1233,10
Essigsaurer Kalk	$\text{Ca O} \cdot \overline{\text{A}}$	999,21
Essigsaures Kupfer	$\text{Cu O} \cdot \overline{\text{A}}$	1138,88
dto mit Krystallwasser	$\text{Cu O} \cdot \overline{\text{A}} + \text{Aq}$	1251,36
Grünspahn	$2\text{Cu O} + \overline{\text{A}} + 6\text{Aq}$	2309,46
$\frac{2}{3}$ essigsaures Kupferoxyd . .	$3\text{Cu O} + 2\overline{\text{A}} + 6\text{Aq}$	3448,34
dto fatiscirtes	$3\text{Cu O} + 2\overline{\text{A}} + 3\text{Aq}$	3110,90
3 f. basisches essigs. Kupferox.	$2(\text{Cu O})_3 \overline{\text{A}} + 3\text{Aq}$	4597,99
Essigsaures Natron	$\text{Na O} \cdot \overline{\text{A}}$	1034,09
dto mit Wasser	$\text{Na O} \cdot \overline{\text{A}} + 6\text{Aq}$	1708,96

Zusammengesetzte Körper.

Name	Formel	O=100
Essigsaures Silberoxyd	$\text{Ag O}' \cdot \overline{\text{A}}$	2094,80
Krystallisirte Kleesäure	$\text{H O } \overline{\text{O}} + 2\text{Aq}$	790,31
Kleesaures Kali	$\text{KO} \cdot \overline{\text{O}} + \text{Aq}$	1155,27
dto zweifach	$\left. \begin{array}{l} \text{K O} \\ \text{H O} \end{array} \right\} 2\overline{\text{O}} + 2\text{Aq}$	1833,10
dto vierfach	$\left. \begin{array}{l} \text{K O} \\ 3\text{H O} \end{array} \right\} 4\overline{\text{O}} + 4\text{Aq}$	3188,76
Kleesaurer Kalk	$\text{Ca O} \cdot \overline{\text{O}}$	808,89
dto wasserhaltiger	$\text{Ca O} \cdot \overline{\text{O}} + 2\text{Aq}$	1033,85
Krystallisirte Weinsäure . . .	$2\text{H O} + \overline{\text{T}}$	1881,71
Weinsaurer Baryt	$(\text{Ba O})_2 \overline{\text{T}} + 2\text{Aq}$	3796,07
Weinsaures Baryt-Kali	$\left. \begin{array}{l} \text{Ba O} \\ \text{K O} \end{array} \right\} + \overline{\text{T}} + 2\text{Aq}$	3428,51
Saures weinsaures Kali . . .	$\left. \begin{array}{l} \text{K O} \\ \text{H O} \end{array} \right\} + \overline{\text{T}}$	2359,15
Neutrales dto dto	$2\text{K O} + \overline{\text{T}}$	2836,58
Weinsaures Kali-Ammoniak	$\left. \begin{array}{l} \text{K O} \\ \text{N}_2\text{H}_4\text{O} \end{array} \right\} \overline{\text{T}} + \text{Aq}$	2686,11
„ Kali-Natron . . .	$\left. \begin{array}{l} \text{K O} \\ \text{Na O} \end{array} \right\} \overline{\text{T}} + 10\text{Aq}$	3762,37
„ Natron	$(\text{Na O})_2 \overline{\text{T}} + 4\text{Aq}$	2888,46
Weinsaurer Kalk, saurer ..	$\left. \begin{array}{l} \text{Ca O} \\ \text{H O} \end{array} \right\} + \overline{\text{T}}$	2125,25
dto neutraler	$(\text{Ca O})_2 \overline{\text{T}} + 8\text{Aq}$	2268,63
Weinsaures Antimonoxyd-	$\left. \begin{array}{l} \text{K} \\ \text{Sb}_2 \end{array} \right\} \text{C}_8\text{H}_2\text{O}_{12} + 2\text{Aq}$	4159,57
Kali (Brechweinstein) . . .	$\left. \begin{array}{l} \text{K} \\ \text{Sb}_2 \end{array} \right\} \overline{\text{T}} + 7\text{Aq} =$	
dto neutrales	$\left. \begin{array}{l} \text{K} \\ \text{Sb}_2 \end{array} \right\} + 2(\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_{12}) + 7\text{Aq}$	6603,68

Kohlenstoff.

Verhältniss- zahlen			Verhältniss- zahlen			Verhältniss- zahlen			Verhältniss- zahlen		
nach Berzelius	nach Lie- big und Redtenb.		nach Berzelius	nach Lie- big und Redtenb.		nach Berzelius	nach Lie- big und Redtenb.		nach Berzelius	nach Lie- big und Redtenb.	
C	76,435	75,854	C ₂₁	1605,1	1592,9	C ₄₁	3133,8	3110,0	C ₆₁	4662,5	4627,1
C ₂	152,87	151,71	C ₂₂	1681,6	1668,8	C ₄₂	3210,3	3185,9	C ₆₂	4739,0	4702,9
C ₃	229,31	227,56	C ₂₃	1758,0	1744,6	C ₄₃	3286,7	3261,7	C ₆₃	4815,4	4778,8
C ₄	305,74	303,42	C ₂₄	1834,4	1820,5	C ₄₄	3363,1	3337,6	C ₆₄	4891,8	4854,6
C ₅	382,18	379,27	C ₂₅	1910,9	1896,4	C ₄₅	3439,6	3413,4	C ₆₅	4968,3	4930,5
C ₆	458,61	455,12	C ₂₆	1987,3	1972,2	C ₄₆	3516,0	3489,3	C ₆₆	5044,7	5006,2
C ₇	535,05	530,97	C ₂₇	2063,8	2048,1	C ₄₇	3592,4	3565,1	C ₆₇	5121,1	5082,3
C ₈	611,48	606,83	C ₂₈	2140,2	2123,9	C ₄₈	3668,9	3641,0	C ₆₈	5197,6	5158,1
C ₉	687,92	682,71	C ₂₉	2216,6	2199,8	C ₄₉	3745,3	3716,9	C ₆₉	5274,0	5233,9
C ₁₀	764,35	758,54	C ₃₀	2293,1	2275,6	C ₅₀	3821,8	3792,7	C ₇₀	5350,5	5309,8
C ₁₁	840,79	834,39	C ₃₁	2369,5	2351,5	C ₅₁	3898,2	3868,6	C ₇₁	5426,9	5385,6
C ₁₂	917,22	910,25	C ₃₂	2445,9	2427,3	C ₅₂	3974,6	3944,4	C ₇₂	5503,3	5461,5
C ₁₃	993,66	986,10	C ₃₃	2522,4	2503,2	C ₅₃	4051,1	4020,3	C ₇₃	5579,8	5537,3
C ₁₄	1070,1	1062,0	C ₃₄	2598,8	2579,0	C ₅₄	4127,5	4096,1	C ₇₄	5656,2	5613,2
C ₁₅	1146,5	1137,8	C ₃₅	2675,2	2654,9	C ₅₅	4203,9	4172,0	C ₇₅	5732,6	5689,0
C ₁₆	1223,0	1213,7	C ₃₆	2751,7	2730,7	C ₅₆	4280,4	4248,0	C ₇₆	5809,1	5764,9
C ₁₇	1299,4	1289,5	C ₃₇	2828,1	2806,6	C ₅₇	4356,8	4323,7	C ₇₇	5885,5	5840,8
C ₁₈	1375,8	1365,4	C ₃₈	2904,5	2882,4	C ₅₈	4433,2	4400,0	C ₇₈	5961,9	5916,6
C ₁₉	1452,3	1441,2	C ₃₉	2981,0	2958,3	C ₅₉	4509,7	4475,4	C ₇₉	6038,4	5992,5
C ₂₀	1528,7	1517,1	C ₄₀	3057,4	3034,2	C ₆₀	4586,1	4551,2	C ₈₀	6114,8	6068,3

Stickstoff.

N ₁	88,52	N ₆	531,12	N ₁₁	973,72	N ₁₆	1416,32
N ₂	177,04	N ₇	619,64	N ₁₂	1062,24	N ₁₇	1504,84
N ₃	265,56	N ₈	708,16	N ₁₃	1150,76	N ₁₈	1593,36
N ₄	354,08	N ₉	796,68	N ₁₄	1239,28	N ₁₉	1681,88
N ₅	442,6	N ₁₀	885,2	N ₁₅	1327,80	N ₂₀	1770,40

Wasserstoff.

	Verh�lt- nissz.		Verh�lt- nissz.		Verh�lt- nissz.		Verh�lt- nissz.
H ₁	12,480	H ₂₁	262,07	H ₄₁	511,66	H ₆₁	761,25
H ₂	24,959	H ₂₂	274,55	H ₄₂	524,14	H ₆₂	773,73
H ₃	37,439	H ₂₃	287,03	H ₄₃	536,62	H ₆₃	786,21
H ₄	49,918	H ₂₄	299,51	H ₄₄	549,10	H ₆₄	798,69
H ₅	62,398	H ₂₅	311,99	H ₄₅	561,58	H ₆₅	811,17
H ₆	74,877	H ₂₆	324,47	H ₄₆	574,06	H ₆₆	823,65
H ₇	87,357	H ₂₇	336,95	H ₄₇	586,54	H ₆₇	836,13
H ₈	99,836	H ₂₈	349,43	H ₄₈	599,02	H ₆₈	848,61
H ₉	112,32	H ₂₉	361,91	H ₄₉	611,50	H ₆₉	861,09
H ₁₀	124,80	H ₃₀	374,39	H ₅₀	623,98	H ₇₀	873,57
H ₁₁	137,27	H ₃₁	386,86	H ₅₁	636,45	H ₇₁	886,04
H ₁₂	149,75	H ₃₂	399,34	H ₅₂	648,93	H ₇₂	898,52
H ₁₃	162,23	H ₃₃	411,82	H ₅₃	661,41	H ₇₃	911,00
H ₁₄	174,71	H ₃₄	424,30	H ₅₄	673,89	H ₇₄	923,48
H ₁₅	187,19	H ₃₅	436,78	H ₅₅	686,37	H ₇₅	935,96
H ₁₆	199,67	H ₃₆	449,26	H ₅₆	698,85	H ₇₆	948,45
H ₁₇	212,15	H ₃₇	461,74	H ₅₇	711,33	H ₇₇	960,93
H ₁₈	224,63	H ₃₈	474,22	H ₅₈	723,81	H ₇₈	973,40
H ₁₉	237,11	H ₃₉	486,70	H ₅₉	736,29	H ₇₉	985,88
H ₂₀	249,59	H ₄₀	499,18	H ₆₀	748,77	H ₈₀	998,36

BIBLIOTHECA

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

N.	98.53	N.	100.72	N.	101.72	N.	102.72
N.	102.72	N.	103.72	N.	104.72	N.	105.72
N.	106.72	N.	107.72	N.	108.72	N.	109.72
N.	110.72	N.	111.72	N.	112.72	N.	113.72
N.	114.72	N.	115.72	N.	116.72	N.	117.72

Buff, Johann Heinrich,

Lehrbuch der Stöchiometrie Ein Leitfaden zur Kenntniss u. Anwendung d.
Lehre von den bestimmten chem. Proportionen

Nürnberg 1842

Chem. 50 pa

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10072112-5